مستخرجة من الكتاب السنوى التاسع للمجمع المصرى للثقافة العلمية

محاضـــرة

عن

تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية

(الجغرافيكية والنموغرافيكية)

لحضرة الأستاذ

فـريد بـولاد بك

عضو المجمع المصرى للثقافة العلمية والمجمع العلمى المصرى

وجمعية المهندسين الملكية المصرية

ألقيت بالمجمع المصرى للثقافة العلميـــة المشمول بالرعاية الملكية

بتاريخ ٢٣ فبراير سنة ١٩٣٩

القاهرة

مطبعة دار الكتب المصرية

١٩٣٩

مستخرجة من الكتاب السنوى التاسع للمجمع المصرى للثقافة العلمية

محاضـــرة

عن

تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية

(الجغرافيكية والنموغرافيكية)

لحضرة الأستاذ

فــريد بــولاد بك

عضو المجمع المصرى للثقافة العلمية والمجمع العلمى المصرى

وجمعية المهندسين الملكية المصرية

ألقيت بالمجمع المصرى للثقافة العلميـــة المشمول بالرعاية الملكية

بتاريخ ٢٣ فبراير سـنة ١٩٣٩

القاهرة

مطبعة دار الكتب المصرية

١٩٣٩

إهـــــداء

الى حضرة صاحب المعالى محمد شفيق باشا

رئيس جمعيـــة المهندسين الملكية المصـــرية

مـــع أسمى عبـارات الشكـــر والتبجيـــل ؛

فريد بولاد



العالم الفرنسى الأستاذ موريس دوكانى
واضع علم التموغرافيا الحديث

تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية
(الجغرافيكية والنموغرافيكية)

محــاضــرة الأســتاذ فريد بولاد بك

سـادتى :

لا يخفى أن عمل الحساب العـددى للقوانين والمعادلات المستعملة فى العلوم التطبيقية والهندسـية ضرورى لكثير من المشتغلين بهـذه العلوم كالايدروليكيين والكهربائيين والمعماريين والفلكيين والحربيين والمـاليين والبحريين والمساحين والتجار وغيرها تستلزمها أعمالهم اليوميـة بدرجات تختلف باختلاف ونوع مهنتهم وبنوع خاص للمهندسين والحاسبين .

ومن المعـلوم أن مقادير الكميات التى تدخل فى الحسـاب العـددى للقوانين والمعادلات مبينة بأعداد رقمية دالة عليها بالنسبة الى وحدات المقاييس المقابلة لها .

إن الغرض من حل مسألة حسابيـة أو جبرية عددية ذات مجهول هو تعيين أو إيجاد مقدار ذلك المجهول بمعرفة كميات أخرى مقاديرها الرقمية مرتبطة بالمجهول فى المعـادلة .

ويقال إن الحاسب حل مسألة رياضـية عددية متى وضـع المعادلة الخاصة بحلها وأبدل كل رمز عن كل كمية معلومة فى المعادلة بما يقابلها بالعدد الرقمى ويحصل بعد إجراء العمليات على جواب المسألة أعنى على مقدار المجهول .

ولا يخفى أن عمليـات الحسابات العـددية قد تكون طويلة غالبا ومملة دائمـا ولو سهلت كعمليات الضرب والقسمة والرفع الى قوى صحيحة واسـتخراج جذور تربيعية وتكعيبية ولوغاريتمات وخلافها مما يضيع فى إجرائها كثير من الزمن واحتمال وقوع أخطاء فى نتيجة الحسابات فان الذين يقومون باجراء هذه العمليات ولا سيما

حل المعادلات الجبرية العددية يسأمون من إجراء عملياتها و يودون الوصول الى نتائجها بطريقة سهلة وسريعة ولتذليل هذه الصعوبات ابتكر علماء الهندسة والميكانيكا أساليب وطرقا مختلفة للوصول الى ذلك نذكر منها الآتية :

(أولا) طريقة الحساب بالجداول الرقمية (Barêmes) التى تستعمل لمدخل واحد أو مدخلين ، بجداول مربعات الأعداد وجذورها ولوغاريتماتها وغيرها لمدخل واحد يقال لها جداول بسيطة ، وبجداول الضرب والقسمة والأرباح وغيرها لمدخلين و يقال لها جداول مزدوجة تستعمل لحل المعادلات ذات ثلاثة متغيرات[1] : اثنان معلومان والثالث مجهول ، وكل جدول يعطى مقدار المجهول بمعلومية مقدارى المتغيرين المرتبطين به فى المعادلة أو القانون وهو يشتمل على عمود على اليمين مبين به على التوالى مقادير أحد المعلومين ، وعلى يساره أعمدة مبين برءوسها مقادير تصاعدية منتظمة للمعلوم الثانى و يستخرج مقدار المجهول من تقاطع عمود المعلوم الثانى مع أفقى المعلوم الأول .

يتكبد واضعو هذه الجداول مشقة عظيمة فى تأسيسها و يلزم فى استعمالها إجراء عملية الاستكمال (Interpolation) ، أعنى تقدير رقم ينحصر مقداره بين رقمين متواليين فى الجدول .

(ثانيا) طريقة الحساب بالآلات الميكانيكية والكهربائية — هذه الآلات غالبا غالية الثمن وغير ميسور لكل شخص اقتناؤها وهى تعطى نتائج صحيحة بالضبط والدقة .

(ثالثا) طريقة الحساب بالمساطر الحسابية التى لا تستعمل غالبا إلا لاجراء العمليات الأساسية ، كالضرب والقسمة واستخراج الجذور وغيرها وهى تعطى نتائج تقريبية .

(١) كل كمية تأخذ مقادير تختلف بكيفية مستمرة أو غير مستمرة فى مسألة يقال لها متغير .

(رابعــا) الطريقة الجرافيكية التى هى عبارة عن حل المعادلات الرقمية بواسطة رسم خطوط هندسـية دالة على مقادير المتغـيرات فى المعادلة يمكن قياسها بالنسبة الى وحدة المقاس المتفق عليه لكل نوع من هذه الخطوط ويتحصـل من هذا الرسم على مقادير مجهولات المعادلة حسب وحدة المقاييس المقابلة لهـا ويلزم تصميم رسم لحل كل معادلة معلومة كما هو متبع فى علم الاستاتيكا الجرافيكية .

(خامسا) الطريقــة النموغرافيكية — وهى عبارة عن حل المعادلات والقوانين بواســطة جداول تخطيطية أو أشكال هندســية رقمية معروفة بالاباكات والنموغرامات يمكن بواســطتها معرفة نتيجة الحساب بقراءة الأرقام المبينة عليهـا بسهولة تامة وفى أقرب وقت وكل واحد من الاباكات يبين أو يمثل معادلة ذات عدد من المتغيرات ويرسم مرة واحدة لاستعماله دائمـا لحل المعادلة التى يمثلها مهما كانت مقادير المعالم المبينة فى حدود الاباك .

هذا وبدون إنكار ما للآلات والعدد الحسابية من الأهمية والفائدة فى إجراء العمليات العــددية وحل المسائل الرياضــية فقد ثبت بأن الطــرق الجرافيكية والنموغرافيكية هى أكثر الوسائل استعمالا وأعمها لاجراء تلك العمليات فقد يستعين بها أرباب الصنائع والفنون من المهندسين وغيرهم على الأعمال الحسابية دون إجراء عمليات مطوّلة مملة وتوفر لهم الوقت والتكاليف .

إن جميع الطرق التخطيطية والميكانيكية التى تستعمل لتبسيط إجراء الحسابات العددية اللازمة للفروع المتنوعة من العلوم الفنية والهندســية هى مشتقة من العــلوم الهندسية والميكانيكية .

ويرجع الفضل فى ترتيب جميع هذه الطرق وحصرها وتقسيمها الى أبواب متناسبة عن بعضها الى العــالم الفرنسى المحقق المأسوف عليــه موريس دوكانى واضــع علم النموغرافيا وعضو أكاديميــة العلوم بباريس وصاحب المؤلفات العديدة فى العلوم بباريس وصاحب المؤلفات العديدة فى العلوم الهندسية والطرق والأساليب الحسابية

السابق ذكرها، فانه رتب جميع هذه الطرق كما يلى فى خمسة أبواب، وقدّم تعريفها وأوضحها لأوّل مرة فى رسالته التى قدّمها الى الأكاديمية المذكورة فى سنة ١٩٢٦ مبوّبة كالآتى :

البـاب الأول — الحساب الميكانيكى والكهربائى

أى الحساب بواسطة الآلات المخصصة لاجراء الأربع قواعد الأساسية للحساب وهى الجمع والطرح والضرب والقسمة . وتنقسم هذه الآلات الى الأربعة أقسام التالية :

القسم الأوّل — آلات مخصصة لإجراء عملية الجمع وعملية الطرح بالجمع بالتكرار

وهذه الآلات على النوعين التاليين :

النـوع الأوّل — آلات ميكانيكية — منها ماهو من صنع (Burroughs) أمريكانية مبينة (بالشكل ١) وهى كآلة مشابهة لها من صنع (Comptometer de Felt) مركبة من جدول ذات أزرار (touches) مستديرة بها تسعة أعمدة رأسية كل منها يشتمل على تسعة أزرار على كل زر منها مبين رقمين الأرقام اليمنى مرتبة لكل عمود من ١ الى ٩ وتبتدئ من أسفل الى أعلى والرقم الأيسر على كل زر هو المتمم الحسابى للرقم الموجود على يمينه أعنى مجموع الرقمين يساوى ٩ (١) ، ولكل رتبة من الوحدات

(١) المتمم الحسابى لأى عدد حـ هو العدد م الذى يجب اضافته اليه ليحصل منه على مجموع يساوى واحد متبوعا بأصفار من اليمين عددها ن بتعدد أرقام العدد حـ فيكون قانون المتمم الحسابى م = ١٠^ن — حـ واذا رمزنا بالحرف ف الى الباقى أو الفرق بين المطروح ب والمطروح منه حـ يكون قانون الفرق ف بالجمع معبر كالآتى :

ف = ب — حـ = ب + (١٠^ن — حـ) — ١٠^ن = ب + م — ١٠^ن

مثال + ٦٥٤٢ المطروح ب + ١٠٠٠٠ = ١٠^ن + ٦٥٤٢ ب

— ٣٩٢١ المطروح منه حـ — ٣٩٢١ حـ + ٦٠٧٩ م

+ ٢٦٢١ الفرق والباقى + ٦٠٧٩ المتمم الحسابى م + ١٢٦٢١ ف

العشرية يقابلها عمود فى الأزرار الرقمية ، و يوجد أسفل الآلة المسجل الاجمالى لحاصل الجمع أو الطرح أو الضرب أو خارج القسمة ، وفى داخل كل خانة من هذا المسجل توجد عجلة أسطوانية (طنبور) مرقمة من ٠ الى ٩ على سطحها .

لتسجيل الأعداد فى خانات المسجل يكفى الضغط على الأزرار المكوّنة لأرقام كل عدد كالضغط على أصابع البيانو . و يشترط لتسجيل الرقم المبين على الزر أن يضغط على الزر الى نهايته ، و بعد تسجيل الرقم يعود الزر الى وضعه الأصلى بتأثير زنبلك مثبت تحت ساق الزر داخل الآلة فبالضغط على الزر المرقم (٧) للعمود الثالث مثلا يسجل هذا الرقم فى الخانة الثالثة للمسجل الاجمالى اذا كان فى نفس الخانة أصفار قبل هذا التسجيل وقد تنفذ عمليه الطرح بواسطة إضافة المطروح الى المتمم الحسابى للمطروح منه . و يمكن استعمال هذه الآلة لعمليتى الضرب والقسمة بواسطة الجمع المتكرر .

ويجب فى عمليتى الطرح والقسمة أن يكون مجموع المتمم الحسابى لرقم الوحدة مع هذا الرقم يساوى عشرة وأن تتبع أرقام المتمم الحسابى من اليسار بتسعات ، وفى عملية القسمة أن يبتدئ رقم اليسار فى المتمم الحسابى للمقسوم عليه من العمود الثانى من اليسار متبوعا بتسعات هذا . ولمحو الأرقام فى خانات المسجل أى جعلها أصفار يستعمل الذراع الموجود على يمين الآلة بادارته نحو الحاسب . و يوجد من صنع هذه الآلات آلة تعطى حاصل الضرب لغاية ١٤ رقما ، واذا كان الحاسب متدرّبا على استعمال هذه الآلة يمكنه إجراء العمليات بسرعة باستعمال أصابع يديه الاثنين بالضغط على الأزرار كالضرب على أصابع البيانو والنتيجة التى يحصل عليها متوقفة على سرعة وخفة وممارسة أصابع العامل .

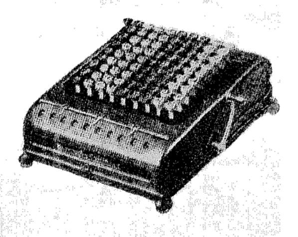
النوع الثانى — آلات الكهربائية — منها من صنع بيروس . وقد أدخل تحسين على الآلة الميكانيكية المسطرة أعلاه باستبدال الذراع بزر كهربائى مستطيل على يمين الآلة (شكل ٢) يتصل هو والأزرار المرقمة بمحرك كهربائى مركب

داخل الآلة ولتسجيل أرقام الأعداد مباشرة فى خانات المسجل يكفى ضغط خفيف على الأزرار المرقمة لكى يحدث التسجيل كهربائيا ولمحو الأرقام فى المسجل يكفى أيضا الضغط على الزر المستطيل المذكور .

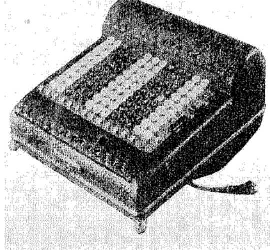
هذه الآلة خفيفة ولها ميزة على الآلات الميكانيكية السابقة بأنها أسرع منها فى الاستعمال ويتأكد منها تسجيل رقم زر فى المسجل بمجرد ضغط خفيف عليه بخلاف ما فى الآلة الميكانيكية فانه اذا لم يغوص الزر الى نهايته فانه يسجل رقم أقل من الرقم الصحيح المبين على الزر .

وقد توجد أيضا آلة كهربائية مبينة (بشكل ٣) من صنع بيروس أحسن وأتم من السابق شرحها وهى تشتمل على مسجلين : مسجل أول فى أسفل الجدول المكون من الأزرار المرقمة ، ومسجل إجمالى فى الجزء الأسطوانى فى أعلى الآلة وعمود من ثلاثة أزرار كهربائية على يمين الجدول لاجراء العمليات ومحو أرقام الأزرار . فاذا ضغط على الأزرار المرقمة تسجل الأرقام أولا فى المسجل الأول ، ثم بالضبط على الزر الكهربائى الوسط تنتقل هذه الأرقام الى المسجل الاجمالى لتضاف الى الأرقام الظاهرة فى خاناته وتمحى أرقام المسجل الأول . وقد يستعمل الزر الكهربائى العلوى لمحو أرقام المسجل الاجمالى والسفلى لمحو أرقام المسجلين وهذه الآلة لها ميزة على الآلة السابقة لأنها تسمح لمراجعة الأرقام فى المسجل الأول .

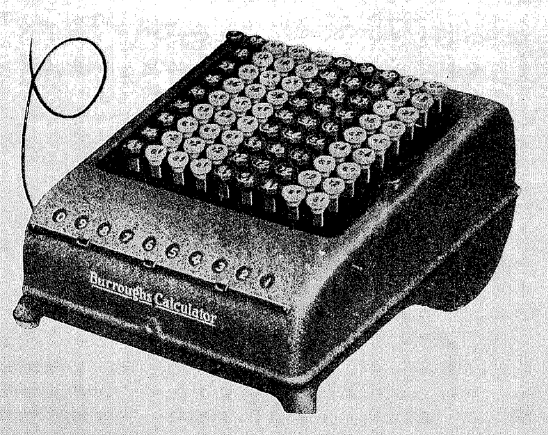
كيفية تشغيل هذه الآلات الميكانيكية والكهربائية : قد ذكرنا فيما سبق أن الآلة الميكانيكية مركبة من جدول به تسعة أعمدة يشتمل كل منها على تسعة أزرار . وحيث إن هذه الأعمدة مشابهة لبعضها من جهة الحركة فيكفى أن نشرح حركة واحدة منها أيا كانت ولذلك نقول أنه يوجد داخل خانات المسجل الاجمالى طنابير أو عجل أسطوانى مرقم مطبوع على سطح كل طنبور



(شـــكل ١)



(شـــكل ٣)



(شـــكل ٢)

أرقام مبينة بالتوالى من صفر الى تسعة . و جميع هذه الطنابير لا تستطيع أن تدور إلا فى اتجاه واحد وكلما زاد طنبور (ط) شكل (٤) داخل خانة يظهر رقم واحد من أرقامه . و يوجد كما ذكرنا فى المستوى الرأسى لكل طنبور عمود من الجدول به تسعة أزرار ذات رقمين كل زر منها مثبت على ساق رأسى مرتكز فى نقطة من رافعة (ر) متحركة حول المحور (م) موجود فى أحد طرفيها وحاملة فى الطرف الآخر قوس مسنن (ق) يحرك الطنبور بواسطة تعشيقة مكونة من ترس (ت) وعجلة مسننة (س) مثبتة على محور هذا الترس .

هذا ومتى ضغط على أى زر (ز) مثلا تنخفض الرافعة (ر) وتدور حول المحور (م) . وفى آن واحد ساق هذا الزر المرتكز على الرافعة يضغط على زمبلك (ن) مثبت تحت الرافعة وحالما يوقف الضغط على الزر يرجع الى وضعه الأصلى مباشرة بواسطة تأثير الزمبلك . أما التعشقية المحركة للطنبور فانها لا تتحرك إلا أثناء رجوع الساق الى وضعه الأصلى فتدور فى هذه الحالة العجلة المسننة (س) بقدر من الأسنان يساوى عدد الأسنان التى يدور بها القوس المسنن (ق) . أعنى مقدار رقم الزر (ز) الذى ضغط عليه فى الأصل ، وتنتقل حركة هذا القوس الى الطنبور بواسطة التعشقية المذكورة ، و يتناسب مقدار تحرك هذا القوس تناسبا عكسيا مع بعد الزر من محور دوران الرافعة .

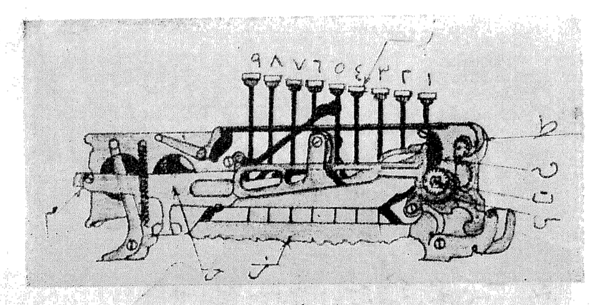
وقد نلاحظ أن هذه الأدلة منظمة بكيفية أن الطنبور يدور بعدد من الأسنان أو أقسام تساوى للرقم المبين على الزر المضغوط عليه وكلما دار الطنبور لفة كاملة . أعنى مقدار عشرة أقسام يدور الطنبور التالى له من اليسار بقدر سنّ واحد . أعنى بقسم واحد أو عشر اللفة الواحدة . هذا هو جهاز إضافة واحد من الرتبة العشرية المقابلة للطنبور الى الرقم المبين على الطنبور التالى .

القسم الثانى — آلات ميكانيكية وكهربائية لإجراء عملية الجمع والطرح وطبع الأعداد ومجموعها وباقيها بالتوالى

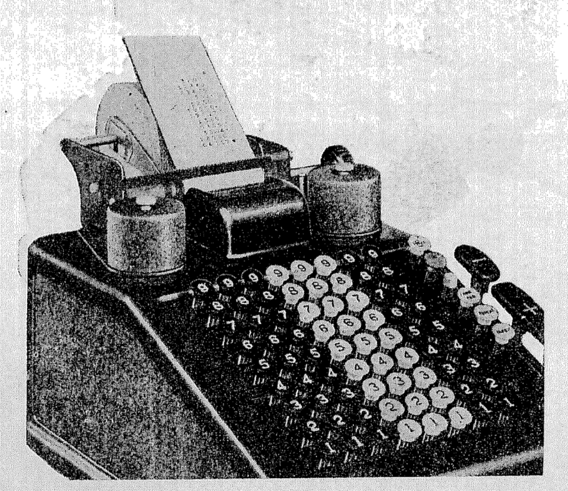
وهذه الآلات على الأربعة أنواع التالية :

النـــوع الأوّل — آلات من صنع بيروس مبينة (بالشكل ٥) — وهى آلة كهربائية مركبة من جدول به أعمدة من أزرار مستديرة ذات رقم واحد . و يوجد على يمين هـذا الجدول عمود من خمســة أزرار بيضاء مبين عليها علامات لاجراء العمليات وعلى يمين هذا العمود فى الخارج يوجد زران مستطيلان كهربائيان مبين على أحدهما علامة + وعلى الآخر علامة — وفى أعلى الآلة توجد أســطوانة ملفوف عليها شريط من الورق تطبع عليه الأعداد ومجموعها و باقيها ، فاذا أريد طبع عدد على الشريط يكفى ضغط بسيط على الأزرار المكوّنة لأرقام العدد ثم يضغط على الزر المستطيل بعلامة (+) أو (—) حسب ما تكون العملية جمع أو طرح . فتطبق الأعداد بالتوالى وفى آن واحد تعود الأزرار لوضعها الأصلى و يوجد فى أسفل عمود الأزرار البيضاء زر مبين عليه error يستعمل بالضغط عليه لكى تعود الأزرار المرقمة لوضعها الأصلى قبل طبعها على الشريط فى حالة ما يشاهد وقوع خطأ فى أرقام الأزرار التى ضغط عليها . و يستعمل هذا الزر قبل تدوين الأعداد على الشريط و يلى هـذا الزر فوق زر مبين عليه repeat لتسجيل عدد وتكراره مرارا ثم يليه زر فوقه مبين عليــه (non add) لتسجيل عدد بدون إدخاله فى الجمـع وفوقه زر (add) لتسجيل مجموع الأعداد فقط ثم زر فى الرأس مبين عليه (S) لمجموع الأعداد وفصل العمليات . وقد توجد آلات أيضا من هـذا النوع ميكانيكية من صـنع بيروس و رمنجتون .

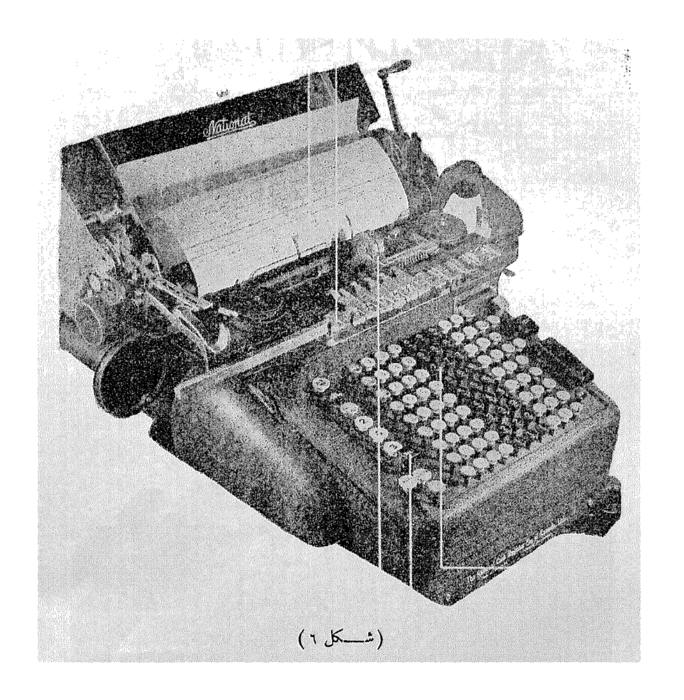
و بالاختصار هذه الآلة تسجل بالكتابة الأعداد كما تسجل آلة الكتابة الكلمات بطبعها أى بكتابتها . و يوجد نماذج كثيرة من هذه الآلات .



(شـكل ٤)



(شـكل ٥)



(شــكل ٦)

وهذه الآلات والآلات المحاسبة لها ميزة على الآلات السابقة هى أنها تسمح لمراجعة الحساب على الأعداد المطبوعة على الشريط وتعيين وقوع الأخطاء بخلاف الآلات السابقة هى أنها تسمح لمراجعة الحساب على الأعداد المطبوعة على الشريط وتعين وقوع الأخطاء بخلاف الآلات السابقة فانه لا يمكن منها التحقق من الخطأ الذى يحدث فى تدوين الأرقام فى المسجل الاجمالى فيها فى حالة جمع الأعداد .

النوع الثانى — آلات المحاسبة — توجد أنواع كثيرة من هذه الآلات تستعمل فى مكاتب الحسابات والشركات التجارية والبنوك والمصانع . ومن هـذه الآلات آلة من صنع ناسيونال (بشكل ٦) حديثة فى غاية الاتقان تستعمل لعمليات المحاسبة . أعنى فى الطبع على الفواتير وعلى كشف أو قائمة حساب أعمال الحسابات الجارية للأفراد مبين فى الكشف عمليات له (Credit) ومن (Débit) .

والباقى والرصيد والمصروفات والدفعات الفورية والأقساط ومجموع و باقى العمليات باجراء عمليتى الجمع والطرح وخلافه .

هذه الآلات مركبة من جدول به أعمدة من أزرار ذات رقم وعلى يسار هذا الجدول عمود أفقى من الأزرار لإجراء العمليات وطبع الأعداد ومجموعها وباقيها على كشف أو قائمة حساب ملفوفة على أسطوانة مثبتة على نقالة متحركة فى أعلى الآلة . وهاك وصف هذه العمليات التى تنفذها أزرار العمود المذكور ابتداء من أسفل إلى أعلى بالضغط عليها . الزر الأول (error) ينفذ كما ذكر سابقا فى آلة بيروس و يليه أزرار منمرة (٤ و٣ و٢) تستعمل لجمع العمليات منفصلة عن بعضها فى الأعمدة المنمرة بهذه النمر فى الكشف ، وعلى يسار هذه الأزرار زرّان : الأول منمر (٥) مبين عليه علامة (S-T) لعمليات الطرح بعد الجمع والمتجمع بالتوالى وعلى يمين الآلة عمود منمر (١٠) للرصيد وزرّ مستطيل بعلامة (TAB) لتحريك النقالة للحسابات الراسية وزرّ مستطيل للحركة الأفقية وزرّ منمر (١٣) لتوزيع الأعمدة وزرّان (١٥ و ١٦) لرجوع النقالة .

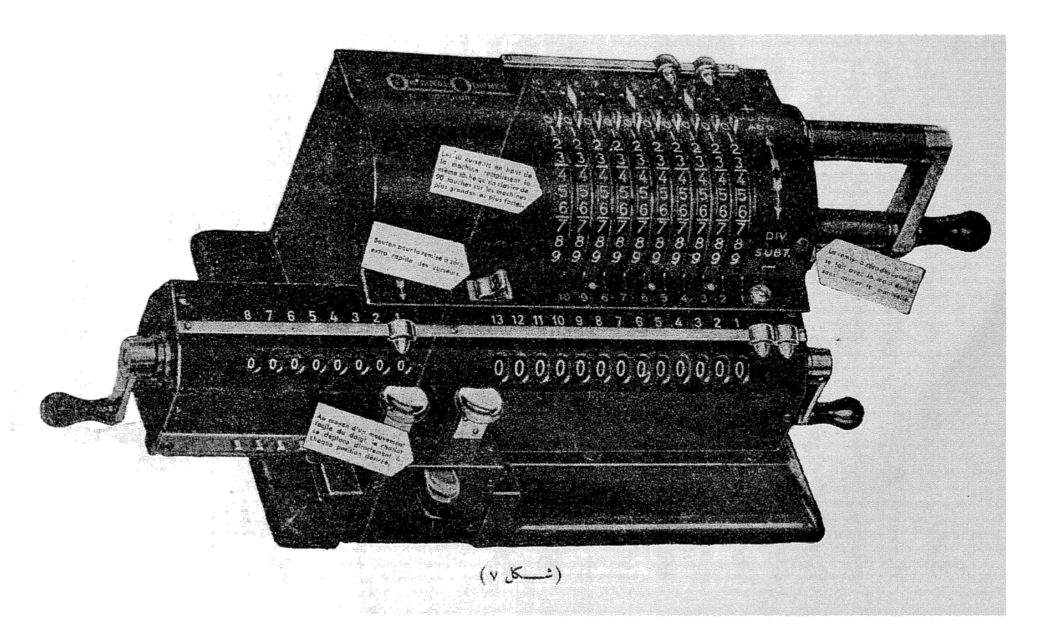
النـــوع الثالث ـــ آلات المحاسبة والكتابة : من صنع ناسيونال وهى آلة محاسبة مقرونة بآلة كتابة .

النـــوع الرابع ـــ آلات الصندوق : تستعمل فى المحلات التجارية والقهاوى والمستشفيات وغيرها لقيـد الوارد وجمعه وتسجيله على أقسام مختلفـة عديدة وطبعه على شريط من ورق للمراجعـة ولصرف التذاكر للمشـترى وخلافه . والآلات الموجودة فى مصر حديثة من صنع ناسيونال .

القسم الثالث ـــ آلات لإجراء عمليات الضرب والقسمة بتكرار الجمع والطرح

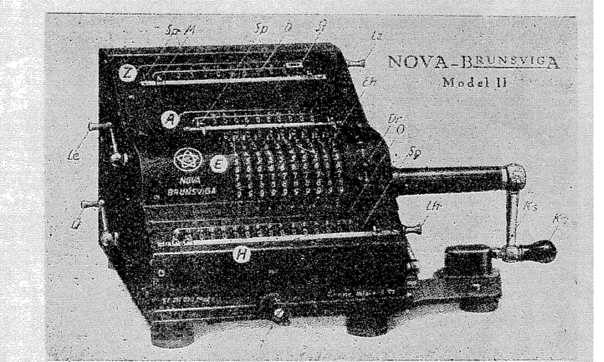
وتوجد الأربعة أنواع التالية من هذه الآلات :

النـــوع الأوّل ـــ آلات ميكانيكية ذات مجار ويد ـــ لإجراء العمليات المذكورة أعلاه : من صنع أودنر السويدية . الأولى مبينة (بالشكل ٧) وهى كالآلة المشابهة لهـا من صنع شاتو الفرنسية وفاسيت السويدية . مركبة من جزء علوى أسطوانى به عشرة مجارى كل مجرى مرقمة من صفر إلى ٩ من أعلى إلى أسفل . ويوجد على السطح الخارجى لكل مجرى ذراع صغير للتحريك باليد ليشير بجوارها على الرقم من المجرى وتوجد فى أسفل الآلة نقالة متحركة بمفتاح فى وسطها . ويوجد فى الجزء الأيمن من هـذه النقالة مسجل إجمالى به عشرة خانات لتسجيل أرقام حاصل الجمع والطرح والضرب والمقسوم عليه . ويوجد بالجزء الأيسر للنقالة عدّاد به ثمانية خانات لتسجيل أرقام المضروب فيه وخارج القسمة وتسجيل الأرقام فى المســجل الإجمالى والعدّاد بواسطة إدارة اليــد الموجودة على اليمين الإسطوانى فى اتجاه عقــرب الساعة لعمليتى الجمع والضرب وفى اتجـاه عكسى لعمليتى الطرح والقسمة وعلى يمين الآلة يد لمحو الأرقام فى المسجل الإجمالى بتدويرها ، وعلى اليسار يد لمحو الأرقام فى العدّاد وقد تستعمل أيضا هذه الآلات لاستخراج الجذر التربيعى

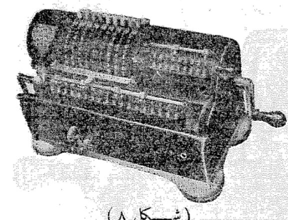


Les 10 curseurs en haut de la machine remplissent la même tâche qu'un clavier de 90 touches sur les machines plus grandes et plus fortes.
Bouton pour la remise à zéro extra rapide des curseurs.
Au moyen d'un mouvement facile du doigt, le chariot se déplace directement à chaque position désirée.
DIV.
SUBT.

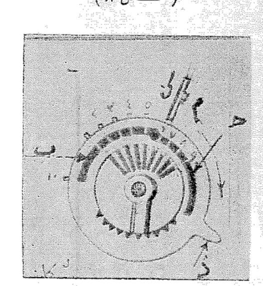
(شکل ۷)



(شـــكل ٧')



(شـــكل ٨)



(شـــكل ٩')

للأعداد . ويوجد آلة كبيرة تعطى حاصل الضرب لغاية ٢٢ رقم وخارج القسمة لغاية ١١ رقما .

وقد توجد آلات كثيرة حديثة ذات مجارى مشابهة لآلة أودنر إنما أحسن منها وهى سبعة الألمانية من صنع برنسفيجا مبينة (بشكل ٧') ، ووهمان وليبسيا ووالتر وهانوفرا وتاليز وتريمفاتور وواحدة تشيكوسلافية من صنع ميرا . وإنجليزية من صنع بريتانيك وأمريكانية من صنع مارشان مبينة (بشكل ٨) وجميع هذه الآلات تشتمل زيادة على آلة أودنر على مسجل أوّل موجود فى أعلى الجزء الأسطوانى يسمح لمراجعة الأرقام المبينة بجوار الأذرعة الصغيرة على السطح الأسطوانى ورافعة أفقية أو يد لرجوع هذه الأذرعة إلى وضعها الأصلى .

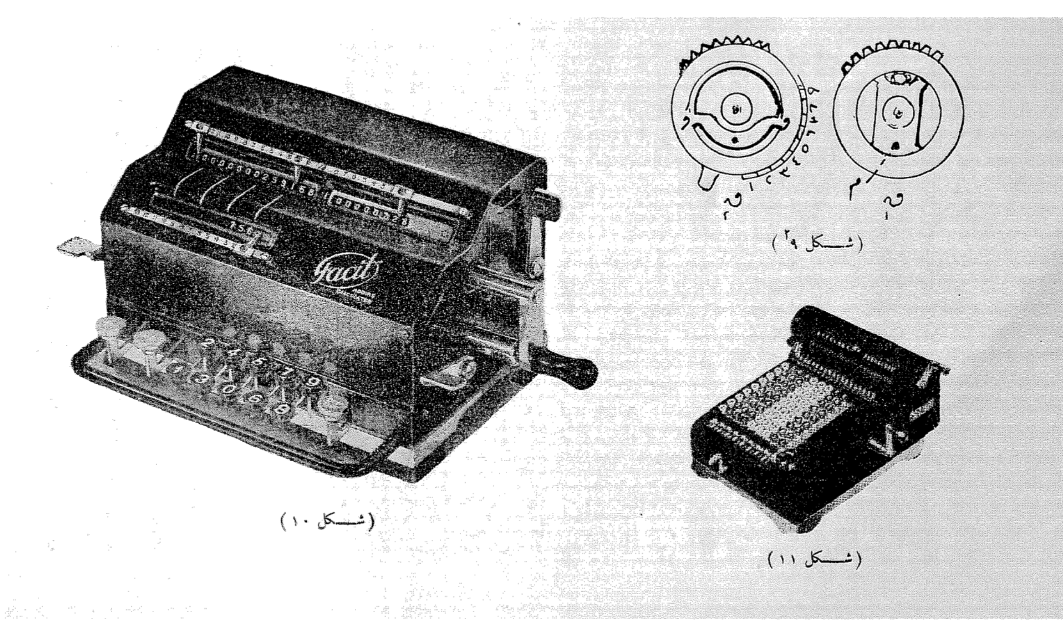
وقد توجد أيضا آلة ذات مجارى كهربائية ألمانية من صنع تريمفاتور .

كيفية تشغيل الالات السابقة ذات المجارى : توجد داخل كل مجرى من الجزء الأسطوانى لجميع الآلات السابقة الذكر ذات المجارى خلاف آلة مارشان عجلة مبينة (بالشكل ٩') تشتمل على قرص مركب على محيطة تاج بينه وبين هذا القرص يوجد مجران مستديران (ب، حـ) يتحرك فيهما بانزلاق الجزء العرضى (م) لكل من التسعة أسنان المشععة من مركز القرص موضوعة بكيفية أنه عند تحريك الذراع الصغير (ذ) باليد فى اتجاه السهم ليشير بجواره على الرقم فى السطح الأسطوانى تبرز من المجرى المستدير (ب) عدد من الأسنان بقدر هذا الرقم فى الشكل مبينة الأسنان البارزة منمرة من ١ الى ٥ والأسنان الأخرى منمرة من ٦ الى ٩ وموجودة داخل المجرى المستديرة (حـ) حسب ادارة الذراع فى اتجاه السهم أو اتجاه عكسى يدور التاج حول القرص وتبرز أو تدخل رؤوس الأسنان بانزلاق الجزء العرضى (م) لكل سنّ فى المجريين المستديرين (ب،حـ) والأسنان البارزة تتعشق بترس ويظهر الرقم فى خانة المسجل الأوّل وعند ادارة اليد الموجودة على يمين الالة باتجاه عقرب

الساعة تنتقل حركة الأسنان البارزة بواسطة تعشيقة الى الطنبور فى خانة المسجل الاجمالى فيظهر الرقم فى هذه الخانة .

هذا أما فى آلة مارشان فانه يوجد داخل كل مجرى فى الجزء الأسطوانى عجلة اكسنتريكية مبينة (بالشكل ٩ٓ) مركبة من قرصين : الأول(ق١) وهو مكوّن من قطعة مثبت فى وسطها مسمار صغير (م) وعلى جزء من محيطها تسعة أسنان والقرص الثانى (ق٢) يشتمل على مجرى (و وَ) بشكل قوس يتحرك فيها المسمار الصغير (م) وعلى تاج مرقم من ١ الى ٩ وعلى الذراع الصغير المشير بجواره على الرقم من المجرى فعند وضع هذا الذراع بجوار الرقم يتحرك اكسنتريكيا القرص (ق) بانزلاق المسمار (م) فى المجرى (و وَ) فى القرص (ق٢) وتأخذ التسعة أسنان وضع بحيث أن عدد من هذه الأسنان بقدر الرقم تتعشق فقط مع ترس صغير مثبت على الطنبور فى خانات المسجل الاجمالى و بادارة اليد الموجودة على يمين الآلة تنتقل عدد هذه الأسنان حركتها الى الطنبور ويظهر الرقم .

النــوع الثــانى — آلة ميكانيكية من صنع (Facit) مبينة فى (شكل ١٠) تستعمل لاجراء العمليات المذكورة أعلاه بالتوالى ، يوجد فى الجزء الأسفل أزرار يحمل كل منها رقما واحدا ، وفى وسط الآلة يوجد على اليسار فى الداخل نقالة متحركة مبين عليها عيون المسجل الأوّل ليدوّن فيــه الأعداد بالضــغط على الأزرار الســفلى المرقمة . وبادارة اليد الموجودة على يمين الآلة فى اتجاه عقرب الساعة تنتقل الأرقام من المسجل الأوّل الى المسجل الاجمالى الموجود فى الجزء العلوى على اليسار الذى يسجل حاصل الجمع والطرح والضرب وعلى نفس هذا الجزء يوجد على اليمين عدّاد لتسجيل المضروب فيه وخارج القسمة والأزرار السفلى المرقمة محصورة بين زرّ أحمر على اليمين لعملية القسمة اذا ضغط عليه تتحرك النقالة لنهايتها الى اليسار لتسجيل فيها أرقام المقسوم عليه وزرّين على اليسار مبين بهما اتجاهين بالسهمين ← → بالضغط على كل منهما تتحرك النقالة بمقدار مسافة رقم واحد بالتوالى الى الاتجاه المبين



(شكل ٩ ٢)

(شكل ١٠)

(شكل ١١)

بالسهم المضغوط عليه. و يستعمل أحد هذين الزرين عند إجراء عملية الضرب والآخر عند إجراء عملية القسمة . ويوجد أيضا على يمين الآلة ذراعان صغيران بتحريك أحدهما حسب اتجاه السهم ← لمحو أرقام العدّاد والآخر حسب ← لمحو أرقام المسجل الأوّل .

النوع الثالث — آلات ميكانيكية ذات أزرار مرقمة رقم واحد ويدين وأزرار حمراء بدون أرقام — لاجراء العمليات ، من صنع مارشان مبينة (بالشكل ١١) وهى كالآلة المشابهة لها من صنع مونوريه تتركب من جدول به تسعة أعمدة من أزرار على كل زر منها رقم واحد. ويوجد على الجزء الاسطوانى أعلى الآلة فى جهة اليسار المسجل الأوّل لتسجيل أرقام أزرار الجدول بالضغط عليها وبعد ذلك تعود دفعة واحدة جميع هذه الأزرار بالضغط على الزر الأحمر الموجود على اليمين فى أسفل الجدول وموجود فى أسفل كل عمود زر أحمر بالضغط عليه عاد الزر المرقم الغاطس بنفس العمود الى وضعه الأصلى للمراجعة . ويوجد على يمين المسجل الأوّل عدّاد لتسجيل المضروب وخارج القسمة وبين الجدول والجزء العلوى الأسطوانى توجد ثقالة مبين بها خانات المسجل الاجمالى لتسجيل حاصل الجمع والطرح والضرب بادارة يد موجودة على يمين الجدول فى اتجاه عقرب الساعة وبادارة هذه اليد باتجاه عكسى لتسجيل عمليتى الضرب والقسمة وتحرّك هذه النقالة لعمليتى الضرب والقسمة بادارة يد صغيرة فى أسفل الجدول وموجود على يمين الأسطوانة يد بادارتها فى اتجاه عقرب الساعة لمحو أرقام العدّاد وبالعكس لمحو أرقام المسجل الاجمالى .

النوع الرابع — آلة كهربائية أوتوماتيكية بحتة أعنى متحركة ذاتيا تماما — لاجراء الأربع عمليات السالفة مباشرة . ومن هذه الآلات آلة ذات أزرار مرقمة وأزرار لاجراء العمليات كهربائيا آلة من صنع مارشان مبينة (بالشكل ١٢)

كآلة مشابهة لها من صنع مداس سويدية مركبة من جدول به عشرة أعمدة من أزرار مستديرة مرقمة كل عمود منها من واحد الى تسعة من أسفل الى أعلى ، وفى مستوى هذا الجدول توجد فوق الأزرار خانات المسجل الأول وتوجد نقالة متحركة فى أعلى الالة بصفين من خانات تشتمل خانات العداد فى أعلى لتسجيل المضروب فيه وخارج القسمة . ويوجد تحت هذا العداد المسجل الاجمالى ذو عشرة خانات لتسجيل حاصل الجمع والطرح والضرب وهذه النقالة تتحرك بالضغط على زر مستطيل كهربائيا بالاتجاهين ← → ويوجد فى مستوى الجدول أزرار كهربائية مبين عليها العلامات + ، — ، × ، ÷ بالضغط عليها بالتناظر لاجراء عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة . وتوجد أزرار حمر بدون أرقام فى أسفل الجدول بالضغط عليها تعود الأزرار المرقمة الى وضعها الأصلى وفى آن واحد تسجل فى المسجل الأول الأعداد . ولاجراء عملية الضرب يكفى بعد تسجيل المضروب فى المسجل الأول أن تضغط بالتوالى على أزرار العمود الموجود على اليمين المرقمة بأرقام المضروب فيه .

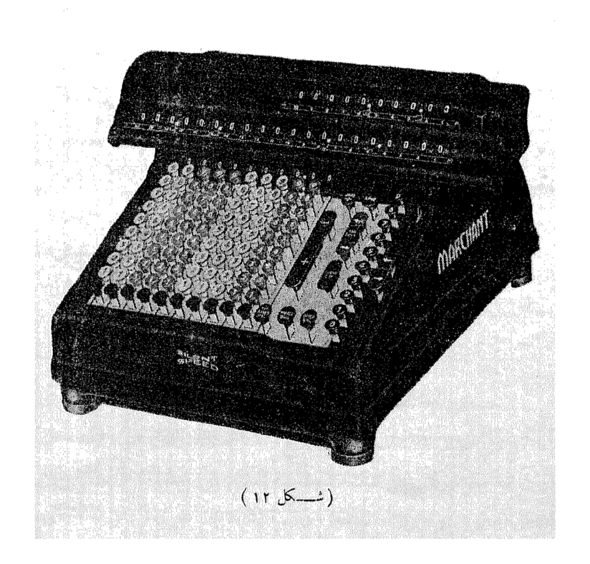
القسم الرابع — آلات مركبة

توجد أيضا آلات ميكانيكية لحساب التفاضل وغيرها تسمى آلات مركبة من النوع المؤسس على أعضاء الحركة التى تقوم بها الآلات السابقة بالتروس المعشقة والزمبلكات والكامات والسقاطات وغيرها .

ملحوظة : إن جميع الآلات المسطرة أعلاه تعطى نتائج العمليات بالدقة والضبط .

الباب الثانى — الحساب الجرافيكى (Le Calcul par le trait)

السابق ذكره أى الحساب والجبر برسم خطوط ، وهو يشمل على علم الاستاتيكا الجرفيكية والحل الجرافيكى للمعادلات الجبرية الرقمية والتفاضلية ورسم المنحنيات البيانية للتكامل وغيرها .



(شـــكل ١٢)

الباب الثالث — الحساب الجرافوميكانيكى

الذى يشمل الحساب بواسطة أجهزة ميكانيكية تسمى (Intégrateurs) تستعمل على أساس رسم جرافيكى يدل على معالم المسألة المراد حلها وتنقسم الى نوعين :

النوع الأول — الأجهزة المسماة (Intégrométres) لقياس الدوال أعنى لتعيين التكامل مثل البلانيمترات لتقدير السطح المنحصر فى حدود خط منحنى مستوى مقفول وتعين العزم الاستاتيكية من رتب متنوعة بالنسبة لمحور فى مستوى المنحنى وبالأخص من الرتبة الأولى لايجاد مركز ثقل سطح من الرتبة الثانية لتعين عزم القصور الذاتى وكذلك لحساب التكامل المحدّد أعنى لتسجيل الدوال جرافيكا .

النوع الثانى — الأجهزة المسماة (Intégraphes) لرسم المنحنى البيانى لتكامل معادلة تفاضلية . وبالاختصار تنحصر جميع هذه الآلات ما بين النوع الأوّل لقياس الدوال والنوع الثانى لتسجيل الدوال بالرسم .

الباب الرابع — الحساب النموغرافيكى

أى علم النموغرافيا[1] ، هذا الاصطلاح اتخذه العالم دوكانى عند وضعه علم النموغرافيا وهو مركب من الكلمة اليونانية νομος التى تلفظ "نوموس" معناها ناموس (loi) ، أو قانون أو معادلة . وكلمة (graph) أعنى رسم وعلى ذلك معنى النموغرافيا جدول بيانى لتمثيل بالرسم ناموس أو معادلة على مستو وهذا العلم يبحث فى نظرية وإنشاء الأباكات لحل المسائل الرياضية الرقمية الموضوعة فى قوالب قوانين ومعادلات بواسطة قراءة بسيطة لأرقام تقاسيم المقاييس المكوّنة منها الأباكات الممثلة لهذه المعادلات وتنشئ مرة واحدة لاستعمالها دائما .

(١) سبق نشرت فى مجلة المقتطف سنة ١٩٠٨ فصل سهل المأخذ فى علم النموغرافيا وكذلك نشرت فى مجلة الهندسة سنة ١٩٢٢ مقالة تاريخية عن هذا العلم .

الباب الخامس — الحساب النموميكانيكى

أى الحساب بواسطة المساطر والعدد الحسابية واللوغاريتمية المستقيمة والمستديرة والأسطوانية والحلزونية ذات الدليل[١]، والآلات المستعملة لحل المعادلات الجبرية الرقمية مهما كانت درجتها وحل المعادلات التفاضلية وغيرها .

لا يخفى أن حدود الدقة فى الحسابات لكل من الآلات السابق ذكرها يتوقف غالبا على أعضاء تركيبها ويمكن الحصول بالآلات الحسابية الحالية على ١٠ لغاية ٢٢ من الأرقام المعنوية إلا أننا لا نتجاوز لثلاثة أرقام عند استعمال المساطر الحسابية التى طولها ٢٥ سنتيمترا ومع ذلك المهندس يقتنع لو حصل بالطريقة الجرافيكية على ثلاثة أرقام معنوية تكفيه غالبا فى عمله . ولذا أخذت هذه الطريقة فى الانتشار كثيرا من عدة سنين لأنها أسرع وأسهل وأوضح باجرائها من الحسابات الرقمية التى يقوم بها المهندس فى أعماله الحسابية المعتادة .

هذه الطرق الجرافيكية والنوغرافيكية لا يمكن أن تقارن مطلقا بما يلاقيه الانسان من التعب فى حل المسائل الرياضية الرقمية حسابيا ومع ذلك كما ذكرناه فان الدرجة التقريبية التى يحصل عليها بتلك الطرق الأخيرة تفى غالبا بما يحتاج اليه طائفة المهندسين والفنيين . وبناء عليه فان الطرق التخطيطية أسهل من الحساب الرقمى لأن النظر يقوم فيها مقام الجهد العقلى لاجراء الحساب الرقمى وفى الحقيقة هذه الطرق تنقسم على وجه العموم الى القسمين المختلفين السابق ذكرها :

(أحدهما) الحساب الجرافيكى، أى الحساب برسم خطوط هندسية، أى عمليات تخطيطية متنوعة تعين برسوم مكوّنة من أطوال جزئيـة (vecteurs) ، ومعاملات زاوية أى مقدار ميل هذه الخطوط يدل على معالم ومجاهيل موقعة بمقياس لكل نوع من هذه الخطوط بالنسبة الى وحدة الطول المتفق عليه يقال لها : (Module)

(١) المساطر التى طولها من ٢٥ الى ٥٠ سنتيمترا تعطى نتيجة مكوّنة من رقمين أو ثلاثة وقد توجد عدد لوغاريتمية أسطوانية من صنع (Loga) تعطى النتيجة لغاية ستة أرقام .

وتكون منها رسم هندسى يسمى لوحة يستخرج منها مقادير الأطوال والعوامل الزاوية للمجاهيل ، وقد تعمل لوحة لكل معادلة خاصة بمسألة رياضية حتى لو كانت من نوع واحد وتغيرت فيها مقادير تلك المعالم تفسيرا لذلك نشرح المثالين البسيطين التاليين فى الحساب الجرافيكى .

(أولا) المطلوب تعيين بالرسم العدد الذى مربعه يساوى مجموع مربعى عددين معلومين ب ، حـ يكفى لذلك أن نرسم مثلثا قائم الزاوية طول ضلعيه يساوى المقدارين المعلومين طبقا لوحدة الطول المتفق عليها يعطينا طول وتر المثلث العدد المطلوب حسب الوحدة المذكورة .

المثل الثانى : لنفرض أنه مطلوب حل معادلة من الدرجة الثانية .

$$س^2 + حـ س + ء =$$

حيث س هى رمز للمجهول حـ ، ء هما رمزى عددين معلومين . لذلك نرسم محورين متعامدين س سَ ، ص صَ متقاطعين فى نقطة الأصل ا كما فى (الشكل ١٣) نأخذ نقطة ع فى المحور ص صَ بحيث يكون الطول ا ع مساويا لوحدة الأطوال أى سنتيمترا مثلا ، ثم نأخذ على المحور س سَ البعد ا ب = — حـ وعلى المحور ص صَ البعد ا ر = ء ونقيم فى النقطتين ب ، ر عمودين على المحورين س سَ ، ص صَ متقاطعين فى نقطة هـ ونصل المستقيم هـ ع ونجعله قطرا للدائرة التى تقطع المحور س سَ فى نقطتى ف ، ى بالمقاس الوحدى هما مقدارى المجهول س أعنى جذرى المعادلة .

وللبرهنة على المسألة التى نحن بصددها نقول أن :

ا ب + ا ى = ا ى + ى ب = — حـ ثم ا ف × ا ى = ا ع × ا ر

وبما أن ا ع الوحدة فهذا يدل على خاصية هذه المعادلة أعنى مجموع الجذرين يساوى المكرر الأول بالسالب وحاصل ضربهما يساوى المكرر الثانى . فبناء عليه يكون الحل صحيحا .

قد رسمنا باعتبار الوحدة ١ ح = سنتيمترا ، وجعلناه لحل المعادلة الرقمية $س^{٢} - ٣ س + ٢ = ٠$ فبقياس الأطوال ١ف ، ١ى نجد مقدارى جذرى المعادلة هما $س' = ١ف = ١$ ، $س'' = ١ى = ٢$.

وقد يتضح من المثالين المتقدمين كيفية تعيين المجاهيل تخطيطيا جرافيكيا[1] أنتقل الآن إلى القسم الثانى من الطرق التخطيطية وهو علم النوغرافيا (La Nomographie) الحديث السابق تعريفه وهو يبين أى يمثل على مستوى الأعداد كما تبين الهندسة الوصفية على سطح مستو الأجسام ذات الثلاثة أبعاد فى الفراغ ، وهذا العلم يبحث فيه نظرية و إنشاء الأباكات الرقيمة (Cotées) فان كل أباك منها يمثل أى يعين بالرسم قانون أو معادلة جبرية أو عالية (Transcendante) ذات عدة متغيرات والغرض من هذه الأباكات استبدال الحساب العددى لهذه المعادلة بقراءة بسيطة للأرقام المبينة على هذا الأباك بحيث نحصل منها على نتيجة العمليات العددية للمعادلات بسهولة وسرعة ونهتدى إلى هذه القراءة فى واقع الارتباط الهندسى البسيط الوضعى بين النقط الرقمية للمقاييس المكونة للأباك ومتى تم وضع أباك بيانى لتمثيل معادلة يصبح صالحا دائما لحل جميع المسائل المتعلقة بتلك المعادلة ولو تغيرت مقادير المعالم المتداخلة فيها وفى حدود الأباك بخلاف ماسبق شرحه للحصول

---

(١) وبمناسبة ذلك الفت نظر حضراتكم الى المؤلف دوكانى المعروف بالعنوان التالى (Le Calcul Graphique et Nomographie par d'Ocagne). حيث تجدون فى القسم الأول منه شرح كافة الطرق الجرافيكية لحل المعادلات التى من الدرجة الأولى مهما تعددت مجاهيلها وحل المعادلات ذات مجهول واحد مهما كانت درجتها وعمليات الاستكمال الجرافيكى وعمليات التكامل وتعين تكامل المعادلات التفاضلية من درجة أولى .

وقد سبق تليت أمام جمعية المهندسين المصرية سنة ١٩٠٧ مقالة باسم المرحوم أحمد بك كمال بخصوص هذا الكتاب نشرت فى مجلة المقتطف سنة ١٩٠٨ ونشرت لى أيضا جمعية المهندسين الملكية المصرية سنة ١٩٢٥ رسالة موضوعها نبذة تاريخية فى الطرق الرسمية (الجرافيكية) وكذلك نشرت لى مجلة المجمع العلمى ومجلة الهندسة سنة ١٩٢٨ مذكرة بخصوص الطبعة الثالثة من كتاب المسيو دوكانى المعنون (Le Calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques).

على حل مسألة حسابيـــة بالحساب الجراقيكى ، نضـطر فى كل حالة لتصميم رسم هندسى أى لوحة خاصة لكل مسألة ولو كانت من نوع واحد وتغيرت معايمها .

وقد يشمل علم النموغرافيا حصر جميع القواعد الأساسية الخاصـة ببيان تمثيل المعادلات والقوانين الرياضية مهما تعدّدت متغيراتها بالأباكات المذكورة التى ترسم على مبدإ الهندسة التحليلية ومتكونة من مقاييس مرقمة مستقيمة أو منحنية أو من الصنفين ترسم بحيث يكون الارتباط الجبرى بين المتغيرات الموضح بالمعادلة هو نفسه مبينا على الأباك ، كما وضحنا أنه ارتباط هندسى . و بعبارة أخرى فى كل أباك مقياس ذو أرقام خاص بالمتغير المعتبر مجهول للمعادلة ومقاييس ذات أرقام خاصة بالمتغيرات الأخرى المعتبرة معاليم فى المعادلة .

ولا يخفى أنه لا يمكن معرفة المقـادير التى تزيد على أربعـة أرقام باستعمال الأباكات معرفة تامة ، ولكن المعرفة التقريبيـة تفى بالغرض فى تطبيقات كثـيرة فى العمليات التى تصادف المهندس بنوع خاص فى أعماله لأنها مؤسسة على فروض وتجارب تقريبية كما يحدث فى حساب مقاومة المواد وتعيين جهود وأسماك أعضاء العمارات والانشاءات الحديدية والخرسانة المسلحة وفى حساب مواسير توزيع المياه والغازات وكابل توزيع التيار الكهربائى وغيرها .

والآن قبل أن أبتـدئ فى شرح نظرية الأباكات و وصف أنواعها وكيفيـة استعمالها ، يجدر بنـا أن نعرف المقاييس النوموجرافيـة الأكثر استعمالا المركبة منهـا الأباكات على وجه العموم .

المقياس المترى وهو أبسط وأكثر ممارسة من المقاييس المستعملة عادة وهو يستخدم لبيان جميع المقادير الرقمية التى يأخذها متغير هـ بين مقدارين رقميين ب ، حـ و يعبر عنهما أيضا بنقطتى الحدود وهما يحدّدان طول المقاس ، فاذا رمزنا بحرف ل للطول و بحرف م لوحدة الأطوال المستعملة لبيان مقادير المتغير و بحرف خ للخطوة الجرافيكية . أعنى للمسافة المحصورة بين علامتين متواليتين من تقاسيم المقياس فى نقطة

و بحرف ن للدرجة (Échelon) (أى الزيادة التى يأخذها المتغير . أعنى الفرق بين مقدارين متواليين للتغير) يحدث لنا القانون .

(١) ل = م (حـ − ب)   (٢) خ = م × ن

وعلى وجه العمــوم معالم المقاييس هى الدرجة ن (المقابلة لدرجة التقريب المطلوبة والطول ل (مدى تغير مقــدار المتغير) المحـدّد بالنهايتين ب ، حـ ومتى اخترنا الخطوة خ (التى نهايتها الصــغرى تأخذ عاديا متساوية لملليمتر واحد أو نضعه حسب الاستكمال النظرى المستعمل .

نستخرج وحدة الطول م من القــانون (٢)، ونضــعها فى القانون (١) الذى يعطينا حينئذ مقدار الطول ل .

مثلا إذا أردنا التمثيل البيانى لقيم المتغير التصاعدية من ب = ٠ إلى حـ = ٢٠ بدرجة ثابتة ن = ٠٫٠٥ (أى ١/٢٠ من وحدة المتغير) يمكننا أخذ ما يقابل هــذه الدرجة خطوة جرافيكية مقدارها خ = ٠٫٥ ملليمتر، فيتعين لنا من القانون (٢) وحدة الطول م = ١٠ ملليمتر، ثم نستخرج من القــانون (١) مقــدار الطول ل = ٢٠٠ ملليمتر كما يلى :

م = خ / ن = ٠٫٥ / ٠٫٠٥ = ١٠ ملليمتر   ل = م (حـ − ب) = ١٠ (٢٠ − ٠) = ٢٠٠ ملليمتر، فبناء على ذلك تكون مبينة على هذا المقياس كل أنصاف الملليمترات كما هو مبين فى الدوبل ديسمتر .

مقياس مستقيم لبيان دالة ذات متغير[1]، هو المقياس البيانى الممثل لدالة ى (هـ) جبرية أو عالية لمتغير هـ غير متعلق ومكوّن من مجموعة نقط ذات رقم موزعة

(١) يقال للتغير ص دالة للتغير هـ متى كانا مرتبطين أحدهما بالآخر بارتباط جبرى أو عالى بينهما بحيث أن مقدار ص يتغير متى تغير مقدار هـ بكيفية اختيارية ونستعمل الرمز ى (هـ) للدالة ص مثلا فى قانون مساحة الدائرة ص = ط . س٢ الذى هو ارتباط بين المساحة ص ونصف القطر س وتعتبر ص دالة و س متغير غير متعلق .

على مستقيم ا ص بحيث أن البعد ص لنقطة أيا كانت مرقمة هـ بقيمة المتغير هـ يحسب طوله ابتداء من نقطة الأصل ا معينة على المحور ا ص وذلك بالقانون

ص = م ى (هـ) .

حيث ان م رمز للوحدة الاختيارية للأطوال لهذا المقياس و ى (هـ) هى الدالة المذكورة باعتبار الاتجاه الموجب لمقادير الأطوال هى حسب ا ص وعكسه الاتجاه السالب .

فاذا أعطينا للتغير هـ سلسلة مقادير رقمية هـ هـَ هـً ... ووقعناها بجانب العلامات المبينة لنهايات الأطوال ا هـَ ا هـً ا هـٌ ... المقابلة لهذه المقادير نحصل على مجموعة لنقط أو علامات التقاسيم المركب منها المقياس المذكور . وهذه العلامات هى مكونة لتدريجه ويسمى المحور ا ص حامل المقياس .

وقد يحدّد طول هذا المقياس بنهايتى نقطتى حدوده المرقمة ب ، حـ وعلى تعيين موقع علامات التقاسيم بحساب أبعادها بالنسبة لنقطة الحدّ الأصغر المرقمة ب بالقانون ب هـ = م [ى (حـ) — ى (ب)] . وكذلك يحسب طول المقياس بالقانون ل = م [ى (حـ) — ى (ب)] .

تقاس الخطوة الجرافيكية فى أى نقطة من هذا المقاس بالملليمتر وتتخذ فى العمل المقدار الرقمى للنهاية الصغرى ملليمتر واحد أو نصفه والدرجة ن يؤخذ مقدارها على وجه العموم بكسر من وحدة المتغير $\frac{1}{٢}$ و $\frac{1}{٤}$ و $\frac{1}{٥}$ و $\frac{1}{١٠}$ من الوحدة أى ٥,٠ و ٠,٢٥ و ٠,٢٠ و ٠,١٠ الخ . ويحسب مقدار الخطوة فى نقطة هـ بالقانون خ = م [ى (هـ + ن) — ى (هـ)] وتسمى نقطة التقسيم أو العلامة التى تتغير فيها مقدار الدرجة نقطة الانقطاع .

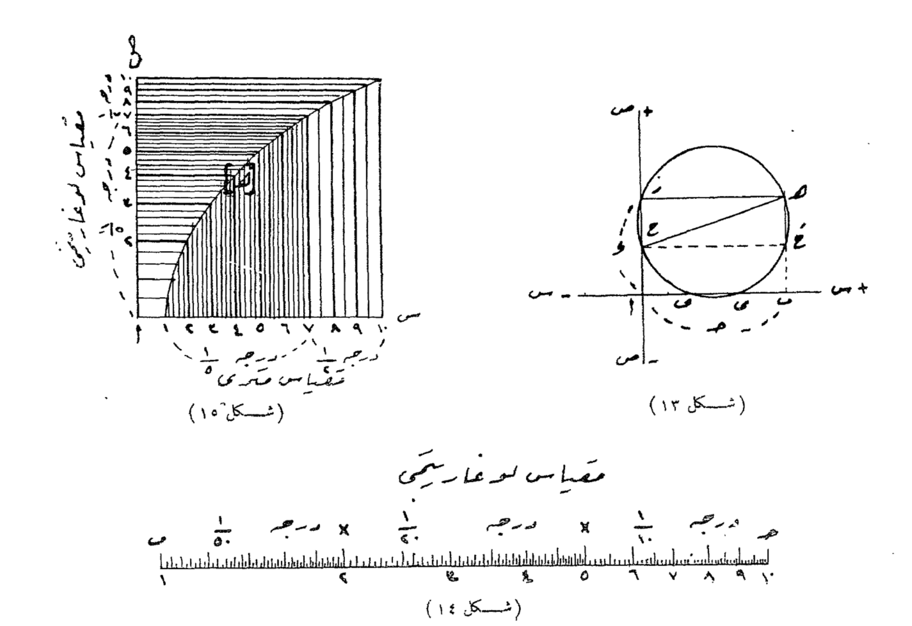
التقدير النظرى لرقم نقطة موضعها بين علامتين متواليتين فى التقاسيم أعنى مقدار المتغير فى موقع هذه النقطة يسمى الاستكمال النظرى .

لكى يمكنا إجراء هـذا الاستكمال بسهولة فى العمل يجب أن نأخـذ على حامل المقياس علامات التقاسيم مقابلة لدرجات متساوية ابتـداء مقدار رقمى صحيح للتغير مأخوذ للنهاية الصـغرى للقياس فنتحصل بهذه الكيفية على مقيـاس منتظم (Echelle Nomale

ويلاحظ أن الخطوات الجرافيكية أى المسافات بين علامات التقاسيم غير متساوية فى المقاييس الدوالية إنما هى فقط متساوية أعنى بدرجة ثابتة فى المقاييس المترية .

مثـال : (الشكل ١٤) يبين لنا مقياس لوغاريتمى ممثل للوغاريتمات الأعداد من ١ الى ١٠ بدرجة متخذة $\frac{١}{٥}$ بين ١ ، ٢ ودرجة $\frac{١}{٢٠}$ بين ٢ ، ٥ ودرجة $\frac{١}{١٠}$ بين ٥ ، ١٠ فتكون حينئذ نقط الانقطاع فى ٢ ، ٥ ، ١٠ لأن عندها وصلت الخطوة الجرافيكية الى نهايتها الصغرى .

ولتفسير ما تقدّم نشرح هندسيا وصف المقياس الدالى بواسطة (الشكل ١٥) موضحا تعيين مقياس منتظم ا صـ للبيان النوغرافى لتمثيل دالة لوغاريتمية صـ = م لو هـ بواسطة المقياس المنحنى اللوغاريتمى [هـ] المبين بالنسبة للمحورين ا سـ ، ا صـ متعامدين فى نقطة الأصل ا بالمعادلتين البرامتريتين سـ = ر هـ صـ = م لو هـ حيث الأولى منهـا هى معادلة مقياس مترى لوحدة طـول ر = ٥ ملليمتر مبين على المحور ا سـ والثانية معادلة المقياس اللوغاريتمى بوحدة طول م = ٥٠ ملليمتر المبين على المحور ا صـ ، وقد يشاهد فى هذا الشكل أن مقدار المتغير يتغير فى المدى ما بين (هـ = ١ الى هـ = ١٠) بالتـوالى بدرجة $\frac{١}{٥}$ أعنى ٠,٢ (من ١ الى ٧) وبدرجة $\frac{١}{٢}$ أعنى ٠,٥ (من ٧ الى ١٠) . ومن التأمل نرى أنه من الضرورى تغـير مقدار الدرجة من $\frac{١}{٥}$ الى $\frac{١}{٢}$ فى النقطة المرقمـة ٧ على المقياس اللوغاريتمى لأن الخطوة فى هذا الموقع أى نقطة الانقطاع بلغت فيها النهاية الصغرى . وهاك مقدار طول هـذا المقياس ل = ٥٠ [لو ١٠ — لو ١] = ٥٠ ملليمتر باعتبار نقطتى النهاية ١ ، ١٠



(شكل ١٣)

(شكل ١٥)

(شكل ١٤)

المقاييس المستقيمة الاعتيادية المستعملة عاديا وأكثر ممارسة هى المقاييس المترية مثل نموذج المقياس المترى بتدريج الديسيمتر والمقاييس اللوغاريتمية والمكافئة والهوموغرافيكية وغيرها وقد ترسم نماذج هذه المقاييس على حد مساطر خشبية كما يسطر الدوبل ديسيمتر وتستعمل كمعايير (Etalon) للتدريج تستخدم لإنشاء المقاييس التى من نوعها وذلك بتغيير أطوال المقاييس باستعمال حزمة أو مجموعة أشعة .

مقياس منحنى [هـ] أو منحنى النقط ذات رقم : هو مكون من مجموعة نقط أى علامات تقاسيم مرقمة وموزعة على خط منحنى مستو كما فى (الشكل ١٦) بالنسبة لمحورين احداثيين متعامدين ا س ، ا ص وبحيث أن الأحداثيين الكارتيزيين س ، ص لنقطة أيا كانت ن ذات رقم هـ مأخوذة على هذا المقياس هى مبينة بالمعادلتين البرامتريتين التاليتين :

(٣) س = ن د (هـ)   ص = م د (هـ)

(الأولى) تدل على مقياس مستقيم بيانى للدالة د (هـ) للبرامتر هـ اى المتغير المساعد أو الثانوى وبوحدة طول ن والثانية تدل على مقياس مستقيم للدالة د (هـ) بوحدة أن طول م باعتبار أن المحوران ا س ، ا ص هما حاملين لهذين المقياسين التى بواسطتهما يرسم المقياس .

لكل مقدار رقمى يعطى للبرامتر هـ تقابله نقطة مرقمة هـ لهذا المقدار على المقياس موقعها معين بالمعادلتين الأحداثيتين (٣) س ، ص المقابلين لها . فاذا فرضنا للبرامتر هـ سلسلة مقادير رقمية ووقعنا بجانب كل نقطة المقدار المقابل لها من البرامتر نحصل على هذا المقياس .

يقال للخط المنحنى المرتكز عليه هذا المقياس حاملا له معادلته هى التى ينتج من حذف هـ بين المعادلتين (٣) .

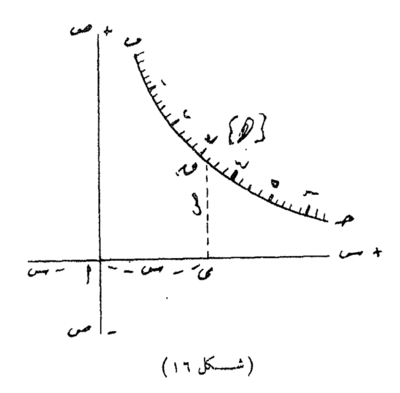
مقياس فصيلة الخطوط ذات رقم — وهو مكوّن كما فى (الشكل ١٧) من فصيلة أو مجموعة خطوط ($هـ_١$) منحنية أو مستديرة أو مستقيمة ذات رقم معادلتها بالنسبة للحورين س ، ص فى مستواهما هى (٤) $ى_١$ (س ، ص ، $هـ_١$) = ٠ فيها $هـ_١$ برامتر أو متغير ثانوى أو مساعد وقد ينشأ هذا المقياس برسم الخطوط المقابلة لسلسلة مقادير رقمية للبرامتر $هـ_١$ مأخوذة بالتصاعد بدرجات منظمة و بكتابته بجانب كل منحنى فى هذه الفصيلة المقدار الرقمى للتغير $هـ_١$ المقابل له فى المعادلة (٤) .

مقياس مجموعة النقط ذات الرقمين عددها لا نهائى — يمكننا على وجه العموم تعيين فى مستو مجموعة نقط عددها لا نهائى ذات رقمين فيها ولذلك نفرض أنه رسمنا فى مستو (الشكل ١٧) فصيلة أخرى ($هـ_٢$) من خطوط ذات برامتر $هـ_٢$ والمبينة بمعادلة أخرى التالية (٥) $ى_٢$ (س ، ص ، $هـ_٢$) = ٠ بالنسبة للحورين ا س ، ا ص . فاذا حذفنا بالتوالى س ص من المعادلتين (٤) و (٥) للفصيلتين ($هـ_١$) ، ($هـ_٢$) ينتج لنا فى الواقع معادلتين بالصورتين :

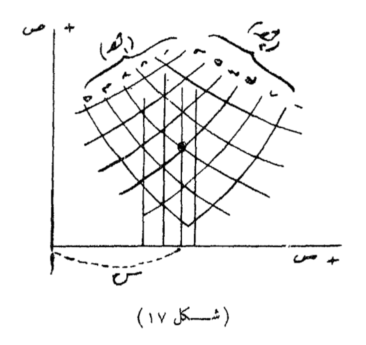
$$س = ں (هـ_١ ، هـ_٢) \qquad ص = و (هـ_١ ، هـ_٢)$$

معينتين لمجموعة النقط ذات الرقمين للقياس المذكور لأن نقطة تقاطع أى خط من فصيلة (هـ) مع خط من فصيلة ($هـ_٢$) هى فى الحقيقة نقطة ذات رقمين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ ويقال لفصيلتى الخطوط ($هـ_١$)، ($هـ_٢$) شبكة مجموعة النقط ذات الرقمين . ولأجل معرفة نقطة ذات رقمين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ فى هذه الشبكة فما علينا إلا أن نأخذ هذه النقطة فى تقاطع الخطين المرقمين $هـ_١$ ، $هـ_٢$.

المقياس الثنائى لبيان دالة س = ں ($هـ_١$ ، $هـ_٢$) — ذات متغيرين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ هذا المقياس مكوّن من المحورين ا س ، ا ص (شكل ١٧) ومن شبكة الفصيلتين ($هـ_١$) ، ($هـ_٢$) (يأخذ عادة أحدهما اختياريا موازية للحور (ا س) معرفتين بالمعادلتين (٤) و (٥) بحيث اذا حذف الحرف ص منهما يعطى لنا معادلة



(شـــكل ١٦)



(شـــكل ١٧)

هذا المقياس) ومن متوازيات (ن) للمحور ا صـ متساوية المسافات مرسومة فى خلال هذه الشبكة وتسمى هذه المتوازيات أدلة هذا المقياس الثنائى .

فقد يشاهـد أن كل نقطة من متوازى (ن) باعتباره ضمن شبكة الفصيلتين (هـ$_1$) ، (هـ$_2$) هى ذات رقمين وهـذا المتوازى مركب من نقط ذات رقمين عددها لا نهائى متى علم أحد هـذين الرقمين رقم المنحنى (هـ$_1$) مثلا المـار بالنقطة المعتبرة على المتوازى (ن) ينتج لنا الرقم الثانى الذى هـو رقم المنحنى (هـ$_2$) المـار بهذه النقطة وبالاختصار كل نقطة من المحور ا سـ هى ذات ازدواج نقط عددها لا نهائى مكدسة على هذا المحور ا سـ الذى يعتبر حاملا للمقياس الثنائى البيانى لدالة ذات متغيرين والآن .

والآن ننتقل إلى شرح نمـاذج الأباكات المختلفة موضحا وضعها بأمثلة بسيطة وكيفية استعمالهـا لحل المسائل .

بيـان المعادلات ذات متغيرين

بيان بمقياسين متجاورين أو ملتصقين — لنفرض أن المعادلة المعلومة ذات متغيرين (هـ$_1$) ، (هـ$_2$) وضعت بالصـورة ى (هـ$_1$) = د (هـ$_2$) فيمكننا بيان هذه المعاملة بواسة مقياسين متجاورين منشأين على محور واحد أحدهما من جهة والآخر من الجهة الأخرى ومشتركين فى وحدة الطول ومعينتين بالمعادلتين التاليتين .

س = م ى (هـ) صـ م د (هـ)

محسوبتين ابتداء من نقطة أصل ا على المحور .

وقد نشاهد أن أى مقدارين رقميين هـ$_1$ ، هـ$_2$ للتغيرين محققين للمعادلة المعلومة أعنى مكونين حلها ، هما مبينين برقمى نقطـة على المحور المذكور وبنـاء على ذلك لو فرضنا رقم هـ$_1$ معلوم بنقطة فى المقياس [هـ$_1$] نجد الرقم الآخر المقابل للمتغـير هـ$_2$ فى نفس النقطة المرقعة هـ$_1$ على المقياس الأوّل .

مثـال : بيان (بالشكل ١٨) ممثـل للمعادلة ص = ١,٨٣٥ √ر ذات المتغيرين ص ، ر (الأول) ص رمز لإنخفاض أفق البحر بالثوانى (والثانى) ر رمز لإرتفاع أى علو عين الراصـد فوق البحر مبيـن بالمتر باعتبار الإنكسار . فباستعمال الشكل نجد فيه أنه لأجل ر = ١٥ متر يقابله انخفاض ص = ٧′ ٧″ (٧ ثوانى و ٧ ثوالث) .

بيان بأباك كارتيزى مترى — هذا الأباك يستعمل لبيان معادلة مفروضة بالصورة العامة ء (هـ١ ، هـ٢) = ٠ [1] ذات متغيرين (هـ١ ، هـ٢) وهو مكوّن من شبكة من فصيلتين من متوازيات (هـ١) ، (هـ٢) متعامدين بالتناظر على المحورين ا س ، ا ص كما بين (بالشكل ١٩) فى مستويهما عنـد تقابلهما مع نقط تقاسيم مقياسين متريين معادلتهما : س = م١ هـ١ ، ص = م٢ هـ٢ منشأين على هذين المحورين ومن منحنى ا و مرسوم فى مستوى الشبكة ومعادلته

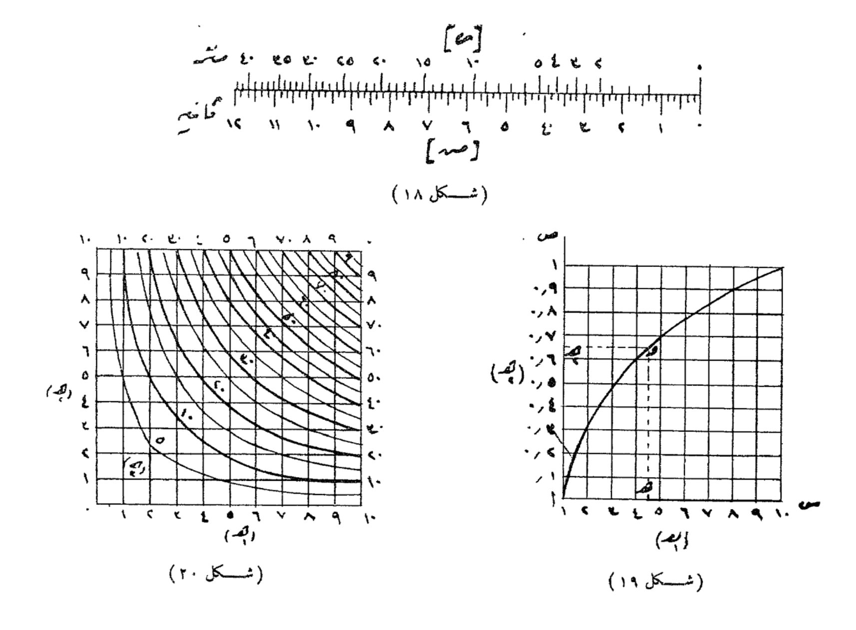
$$ء \left(\frac{س}{م_١} ، \frac{ص}{م_٢}\right) = ٠$$

وهى الناتجة من حذف (هـ ، هـ) فى المعادلة المعلومة ومعادلتى المقياسين المتريين .

كيفية استعمال هذا الأباك — إذا فرضنا أن أحد المتغيرين هـ١ مثلا معلوما يكفى لنا أن نأخذ نقطة تقاطيع المنحنى مع العمود هـ١ و فى النقطة المرقمة هـ١ على المحور ا س وتقرأ النقطة المقابلة لها المرقمة هـ٢ على المحور ا ص فى موقع العمود المسقوط من نقطة و على هذا المحور .

استعمال شفاف ذى دليلين ومركز : لاجتناب رسم شبكة المتوازيات المتعامدة فى (الشكل ١٩) ، وضرورة إجراء التقدير النظرى بين المتوازيات لمعرفة مقادير المتغيرات نوضع على مستوى المنحنى ا و شفاف موقعا عليه عمودين متقاطعين فى نقطة و ويسمى هذين العمودين دليلين للشفاف والنقطة و مركزه . فإذا حركنا

(١) ملحوظـة : لاختصار الشرح يدل بالرمز ء١٢٣ = ٠ لمعادلة ذات متغيرات هـ١ هـ٢ هـ٣ وبالرمز (هـء) لفصيلة خطوط مرقمة وخاصـة بالمتغير هـء وبالرمز [هـء] لمقياس منحنى النقط رقم خاص بمتغير هـء .



(شكل ١٨)

(شكل ١٩)

(شكل ٢٠)

هـذا الشفاف بانزلاقه على الأباك بدون شبكة المتوازيات بحيث يظل الدليلين و $هـ_١$ ، و $هـ_٢$ ويبقيان موازيين للمحورين ا ص ، ا س ويبقى المركز و على المنحنى ا و فإننا نجد أنه لكل وضع لهذا الشفاف هذين الدليلين يقطعان المحورين فى النقطتين ذات رقمين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ محققين للمعادلة المعلومة .

استعمال مقياس مستقيم متحرك : نفرض أنه فى حركة الإنزلاق التى وضحناها استعملنا شفاف مرسوم عليه المحور ا س مدرج بالمقياس المترى [$هـ_١$] ومتحرك بكيفية أن نقطة الأصل ا تبقى على المحور ا ص وهـذا المقياس يظل موازيا للمحور ا س نجد فى نقطة تقاطعه مع المنحنى الرقم المطلوب $هـ_١$ المقابل لنقطة $هـ_٢$ على المحور ا ص وأن استعمال هذا المقياس هو أحسن الطرق .

بيان المعادلات ذات الثلاثة متغيرات

بيان بأباك كارتيزى مترى (شكل ٢٠) — يستعمل لبيان معادلة ذات ثلاثة متغيرات $هـ_١$ ، $هـ_٢$ ، $هـ_٣$ بالصورة العامة د ($هـ_١$ ، $هـ_٢$ ، $هـ_٣$) = ٠ لنفرض أننا أعطينا بالتوالى لإحدى هـذه المتغيرات $هـ_٣$ مثلا عدّة مقادير مرقمة تصاعدية ابتداء مقدار صحيح بدرجات متساوية ثم نضع كل واحد من هذه المقادير فى المعادلة فتتحول هذه الى معادلات كل منها ذات متغيرين $هـ_١$ $هـ_٢$ قابلة لبيان بالأباك الموضح (بالشكل ١٩) بالنوع الكارتيزى . فإذا رمز بالحرف ($هـ_٣$) لفصيلة المنحنيات الرقمية بالمقادير المقابلة للتغير $هـ_٣$ المشروحة أعلاه ومعادلتها ى ($\frac{س}{م_١}$ ، $\frac{ص}{م_٢}$ ، $هـ_٣$) = ٠ يحدث لنا أباك كارتيزى ممثل للمعادلة المقترحة ، وهو مركب من شبكة الأعمدة ($هـ_١$) و ($هـ_٢$) فى نقط تقاسيم المقياسين المتريين المبينين على المحورين ا س ، ا ص ومن فصيلة المنحنيات ($هـ_٣$) المرسومة فى خلال هذه الشبكة ومحدّدة ببروازها . فمتى رسم هـذا الأباك نحصل على مقدار المجهول $هـ_٣$ المقابل لمقدارين معلومين للتغيرين الآخرين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ فى المعادلة كما يلى : يكفى لقراءة الرقم المجهول الذى

هو نفس رقم المنحنى $هـ_٣$ المار بنقطة تلاقيه بالعمودين فى شبكة الفصيلتين المرقمتين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ وينتج لنا حينئذ حل المعادلة .

ملحوظـــة : فى العمل يمكن تقدير الاستعمال النظرى بين الخطوط المرسومة للأباك لغاية $\frac{١}{٢}$ و $\frac{١}{٥}$ و $\frac{١}{١٠}$ تقريبا من المسافة بين خطين متواليين .

مثال بسيط : (الشكل ٢٠) يوضح لنا أباك كارتيزى لبيان عمليتى الضرب والقسمة المبينين بالقانون $هـ_٣ = هـ_١ \times هـ_٢$ وهو مكون من شبكة مركبة من فصيلتين من متوازيات ($هـ_١$) و($هـ_٢$) متعامدين على المحورين ا س ، ا ص فى نقطة تقاسيم مقياسين متريين منشأين على هذين المحورين ومعينين بالتناظر بمعادلتين $س = ٥ \text{ ملليمتر} \times هـ_١$ ، $ص = ٥ \text{ ملليمتر} \times هـ_٢$ بوحدة طول مشتركة ٥ ملليمتر ومن فصيلة قطع زائدة ($هـ_٣$) مبينة بالمعادلة $س ص = ٢٥ هـ$

التحويل الأنامورفوزى — بدلا من المقياسيين المتريين المبينين على المحور ا س ا ص (شكل ٢٠) ننشئ مقياسيين داليين مبينين بالمعادلتين $س = م\, ء(هـ_١)$ ، $ص = م\, د(هـ_٢)$ فيهما الدالتان $ء(هـ_١)$ ، $د(هـ_٢)$ اختياريتان بحيث اذا حذفنا المتغيرين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ من هذين المعادلتين والمعادلة المعلومة $د(هـ_١\, هـ_٢\, هـ_٣) = ٠$ يحدث لنا معادلة من الدرجة الأولى بالحرفين س ، ص كنتيجة بالصورة التالية .

$$س\, ق_٣ + ص\, و_٣ + ر_٣ = ٠$$

حيث إن الحروف $ق_٣$ ، $و_٣$ ، $ر_٣$ هى رموز لثلاثة دوال ذات المتغير $هـ_٣$ ومن المعلوم أن هذه المعادلة تدل على فصيلة من المستقيمات ذات برامتر بدل من فصيلة المنحنيات .

فهذا التحويل الذى يستبدل فصيلة هذه المنحنيات بفصيلة مستقيمات يقال له أنامورفوز ، وله فائدة فى تطبيقه على الأباكات لأنه بدل من فصيلة منحنيات مبينة فى أباك كارتيزى لا يمكن رسم كل منحنى فيها إلا بتعيين عدد كثير من النقط يسمح لنا هذا التحويل أن نرسم مستقيمات بتعيين كل مستقيم منها بنقطتين فقط .

مثـال : تطبيق المعادلة التى من الدرجة الثالثة بحرف $هـ_٣$ التالية .

$هـ_٣^٣ + هـ_٣ هـ_١ + هـ_٢ = ٠$ يمكن بيانها بشبكة فصيلتين من متوازيات متعامدتين $سـ = م_١ هـ_٢$ $صـ = م_٢ هـ_٢$ وفصيلة مستقيمات متقاطعة معادلتها

$م_٢ سـ هـ_٣ + م_١ صـ + م_١ م_٢ هـ_٣^٣ = ٠$

أباك ذو الثلاثة فصائل من منحنيات متقاطعة
أو أباك الخطوط المتلاقية الأعم

لبيان المعادلة $د (هـ_١ ، هـ_٢ ، هـ_٣) = ٠$ لنتصور ثلاثة فصائل من المنحنيات $(هـ_١)$ $(هـ_٢)$ $(هـ_٣)$ معينة بالتناظر بالثلاثة معادلات بالاحداثيات الكارتيزية .

(٦) $ى_١ (سـ ، صـ ، هـ_١) = ٠$ $ى_٢ (سـ ، صـ ، هـ_٢) = ٠$ $ى_٣ (سـ ، صـ ، هـ_٣) = ٠$ مأخوذة بحيث انه اذا حذفنا الحرفين سـ ، صـ منها ينتج لنا المعادلة المقترحة $د (هـ_١ هـ_٢ هـ_٣) = ٠$ اذا اعتبرنا بالتناظر من هذه الفصائل ثلاثة منحنيات مرقمة $هـ_١ ، هـ_٢ ، هـ_٣$ متقاطعة فى نقطة فالثلاثة أرقام الخاصة بهذه المنحنيات هى مرتبطة ببعضها بنفس المعادلة $د (هـ_١ هـ_٢ هـ_٣) = ٠$ وذلك لأن هذه الثلاثة أرقام هى مقادير للثلاثة متغيرات محققة للمعادله أعنى هى حل لها.

ومن التأمل يتضح لنا أنه متى فرضت معادلة $د_{١٢٣} = ٠$ يمكنا أن ننتخب اختياريا من بين الثلاثة معادلات (٦) المعادلتين الأوليتين مثلا فينتج لنا المعادلة الثالثة بحذف $هـ_١ ، هـ_٢$ من هاتين المعادلتين والمعادلة المفروضة فى العمل لتغير مقادير المتغيرين المعتبرين معلومين $هـ_١ ، هـ_٢$ بين نهايتين لهما $(ب_١ ، حـ_١)$ ، $(ب_٢ ، حـ_٢)$ ويتحدّد لنا للتغير الثالث $هـ_٣$ المعتبر مجهول مقدارى نهايته $(ب_٣ ، حـ_٣)$ التى يتغير منها .

أباك ذو الثلاثة فصائل مستقيمات فى الحـالة الأعم القاعدة العامة التحويل الأنامورفوزى — لمعادلة مقترحة $\text{د}_{\text{٣٢١}} = ٠$ ذات ثلاثة متغيرات $\text{هـ}_{\text{١}}$ ، $\text{هـ}_{\text{٢}}$ ، $\text{هـ}_{\text{٣}}$ هو تحويل هذه المعادلة بطريقة جبرية أو عالية متى كان ذلك مستطاعا الى صورة أخرى $\text{ى}_{\text{٣٢١}} = ٠$. نفرض أنهـا قابلة التمثيل البيانى بأباك ذى ثلاثة فصائل من مستقيمات ، ففى هذه الحالة كما هو معلوم أن معادلات هذه الثلاثة فصائل من مستقيمات ، هى بالصورة العامة التالية من الدرجة الأولى بالنسبة للاحداثيين س ، ص .

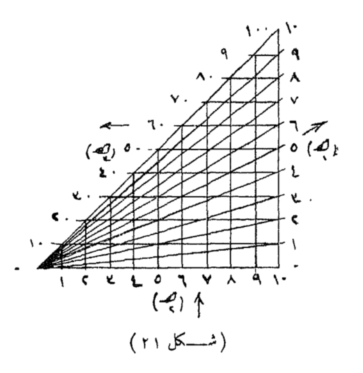
$$\text{س}\,\text{ق}_{\text{١}} + \text{ص}\,\text{و}_{\text{١}} + \text{ر}_{\text{١}} = ٠$$
$$\text{س}\,\text{ق}_{\text{٢}} + \text{ص}\,\text{و}_{\text{٢}} + \text{ر}_{\text{٢}} = ٠$$
$$\text{س}\,\text{ق}_{\text{٣}} + \text{ص}\,\text{و}_{\text{٣}} + \text{ر}_{\text{٣}} = ٠$$

حيث ان $\text{ق}_{\text{ع}}$ ، $\text{و}_{\text{ع}}$ ، $\text{ر}_{\text{ع}}$ (لأجل ع = ١ ، ٢ ، ٣) فى هـذه المعادلات هى رموز دوال ذات المتغير $\text{هـ}_{\text{ع}}$ بشرط أن حذف الحرفين س ، ص بين هذه المعادلات يعطى لنـا كنتيجة المعادلة المقترحة $\text{د}_{\text{٣٢١}} = ٠$. المفروضة أنهـا قابلة للتحويل الأنامورفوزى الى المعادلة $\text{ى}_{\text{٣٢١}} = ٠$.

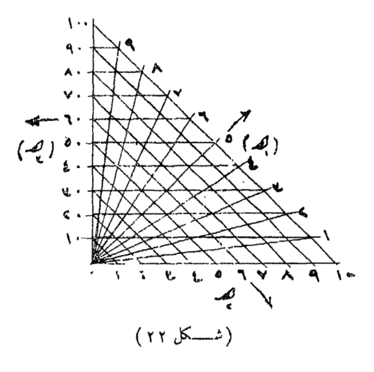
وحيث من المعلوم أن نتيجة هذا الحذف هى معادلة بصورة المحدّد :

$$\text{ع} = \begin{vmatrix} \text{ق}_{\text{١}} & \text{و}_{\text{١}} & \text{ر}_{\text{١}} \\ \text{ق}_{\text{٢}} & \text{و}_{\text{٢}} & \text{ر}_{\text{٢}} \\ \text{ق}_{\text{٣}} & \text{و}_{\text{٣}} & \text{ر}_{\text{٣}} \end{vmatrix} = ٠$$

وهو الشرط التعبيرى كى تكون ثلاثة مستقيمات مرقمة بالتناظر $\text{هـ}_{\text{١}}$ ، $\text{هـ}_{\text{٢}}$ ، $\text{هـ}_{\text{٣}}$ من هذه الثلاثة متقاطعة فى نقطة فيتضح من ذلك أنه متى وضعت المعادلة بقالب هذا المحدّد تكون قابلة التمثيل البانى بأباك ذى الثلاثة فصائل من مستقيمات متلاقية .



(شــكل ٢١)



(شــكل ٢٢)

وهاك ثلاثة نماذج بسيطة من نوع الأباكات ذات فصائل من مستقيمات متلاقية : الأولان هما نموذجان من الأباكات المشععة لبيان معادلة الضرب والقسمة المكتوبة بالصورة هـ$_{٣}$ = هـ$_{١}$ × هـ$_{٢}$.

(الأول) موضح (بالشكل ٢١) وهو مكوّن من فصيلة المتواويات الراسية (هـ$_{٢}$) وفصيلة المتوازيات الأفقيـة هـ$_{٣}$ المعينين بالتناظر بالمتعادلتين سـ = م$_{٢}$ هـ$_{٢}$ صـ = م$_{٣}$ هـ$_{٣}$ وفصيلة الأشعة (هـ$_{١}$) من نقطة الأصل معادلتها هى م$_{٢}$ صـ = م$_{٣}$ هـ$_{١}$ سـ .

رسمنا هـذا الأباك بفرض أن وحدتى الطول م$_{١}$ ، م$_{٢}$ = ٥ مليمتر م$_{٣}$ = ٠٫٥ مليمتر .

(الثانى) موضح (بالشكل ٢٢) وهو مكوّن من فصيلة متوازيات أفقية (هـ$_{٣}$) وفصيلة متوازيات (هـ$_{٢}$) باتجاه وتر المثلث وفصيلة أشعة (هـ$_{١}$) من رأس الزاوية القائمة لهذا المثلث .

(الثالث) نموذج الأباك اللوغاريتمى : ذو ثلاثة فصائل من متوازيات الموضح (بالشكل ٢٣) ممثل المعادلة السابقة للضرب والقسمة محوّلة الى الصورة اللوغاريتمية لو هـ$_{٣}$ = لو هـ$_{١}$ + لو هـ$_{٢}$ وهاك بالتناظر معادلات الثلاث فصائل (هـ$_{١}$) (هـ$_{٢}$) (هـ$_{٣}$) الأولى راسية والثانية أفقية والثالثة فى اتجاه وتر المربع البروازى .

سـ = م هـ$_{١}$ صـ = م لو هـ$_{٢}$ سـ + صـ = $\frac{\text{م}}{\sqrt{٢}}$ لو هـ$_{٣}$

الأباكات السداسـية

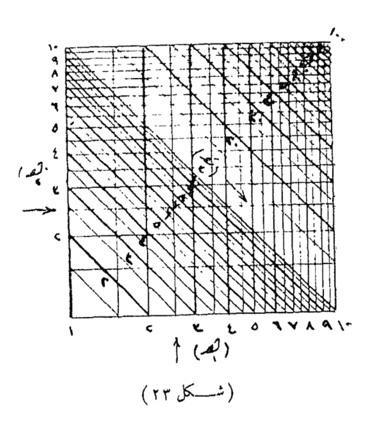
وعلى وجه العموم فان الأباك السداسى هو عبارة عن الأباك ذى الثلاث فصائل من المتوازيات السابق شرحها بعـد ماحذفت منـه جميع متوازيات كل فصـيله متوازيات كل فصـيلة واستعيض عنها بمقياس حامله مستقيم ووضـعه اختيارى واتجاهه عمـودى على المتوازيات ومبين عليـه نقط تقاطعة مع المتوازيات مرقمة بأرقامها ومكوّنة للقياس .

فاذا تصورنا الأباك السداسى الموضح (بالشكل ٢٤) الناتج من حذف المتوازيات فى الأباك (شكل ٢٣) واستعضنا عنها بالمقاييس اللوغاريتمية المبينة على المحورين ا س ، ا ص والمشتركة فى وحدة طول م وعلى المحور ا ع المنصف للزاوية س ا ص بوحدة طول مقداره $\frac{\text{م}}{\sqrt{٢}}$ نحصل على أباك سداسى لعمليتى الضرب والقسمة .

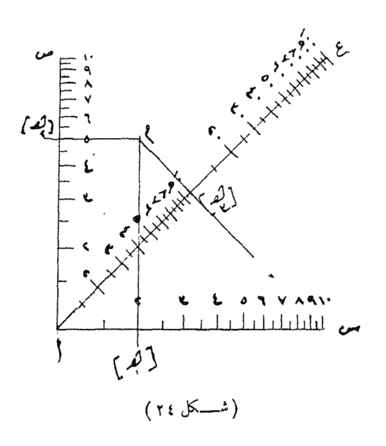
طريقة الاستعمال : طريقة الاستعمال : يستخدم هذا الأباك السداسى باستعمال شفاف مرسوم عليه ثلاثة خطوط متقاطعة مثل م هـ$_{١}$ ، م هـ$_{٢}$ ، م هـ$_{٣}$ بحيث تكون اتجاهاتها عمودية على ا س ، ا ص ، ا ع ويسمى كل خط من هذه الثلاثة دليلا ، فإذا عرف رقما المتغيرين هـ$_{١}$ ، هـ$_{٢}$ وأريد معرفة مقدار رقم المتغير الثالث هـ$_{٣}$ المحقق للمعادلة نحرك الشفاف على الجدول حتى يظل الدليل م هـ$_{١}$ عمودى على المحور ا س دائما ، ونستمر فى تحريك الشفاف حتى يمر الدليلان م هـ$_{١}$ ، م هـ$_{٢}$ بالنقطتين هـ$_{١}$ ، هـ$_{٢}$ فنقطة تقاطع الدليل الثالث مع المحور ا ع رقمها هو مقدار المجهول .

ملحوظة : هذا الأباك أوضح من الأباك السابق (شكل ٢٣) غير أنه لا يستعمل إلا لبيان معادلة ذات صورة بسيطة . وفى العمل يستحسن أن يأخذ على المقياسين [هـ$_{١}$] [هـ$_{٢}$] اتجاهى محورين مكونين لزاوية مقدارها ١٢٠ درجة ولحامل المقياس [هـ$_{٣}$] اتجاه المنصف لهذه الزاوية فى هذه الحالة تكون الثلاثة مقاييس مشتركة فى وحدة الطول .

النموغرام الأعم ذو الاستقامة الواحدة : لنتصور فى مستو محورين ا س ، ا ص متعامدين فى نقطة ا ثلاثة مقاييس منحنية [هـ$_{١}$][هـ$_{٢}$][هـ$_{٣}$] معينة بالتناظر بالنسبة لهذين المحورين بالثلاثة معادلات التالية بالاحداثيات المتجانسة س ، ص ، ع



(شــكل ٢٣)



(شــكل ٢٤)

$$(٧)\begin{cases} س_١ = ق_١ & ص_١ = و_١ & ع_١ = ر_١ \\ س_٢ = ق_٢ & ص_٢ = و_٢ & ع_٢ = ر_٢ \\ س_٣ = ق_٣ & ص_٣ = و_٣ & ع_٣ = ر_٣ \end{cases}$$

من المعلوم أن المعادلة بصورة المحدّد .

$$ع = \begin{vmatrix} ق_١ & و_١ & ر_١ \\ ق_٢ & و_٢ & ر_٢ \\ ق_٣ & و_٣ & ر_٣ \end{vmatrix}$$

هى الشرط التعبيرى لكى تكون الثلاثة نقط المرقمة ($هـ_١$ ، $هـ_٢$ ، $هـ_٣$) من هذه الثلاثة مقاييس على استقامة واحدة . وبناء عليه متى وضعت معادلة معروفة $د_{٣٢١} =$. بقالب هذا المحدّد يعرف منها أنها قابلة التمثيل لنوغرام ذى استقامة واحدة مركب من ثلاثة مقاييس منحنية معينة بالمعادلات (٧) .

فاذا خصصنا مقياسين منها [$هـ_١$] [$هـ_٢$] مثلا للعاليم والثالث [$هـ_٣$] للمجهول أعنى المبحوث عنه وأردنا أن نبحث عن مقدار المجهول $هـ_٣$ بمعلومية مقدارين مفروضين للتغيرين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ نبحث على الرقم المبين لأحد هذين المتغيرين على المقياس الخاص بعاليم هذا المتغير وعلى الرقم المبين للتغير الآخر على المقياس الخاص بعاليمه ونصل بين هذين الرقمين بخط مستقيم يتقاطع مع المقياس الخاص بالمجهول المبحوث عنه فى نقطة مقدار رقمها هو الجواب المطلوب .

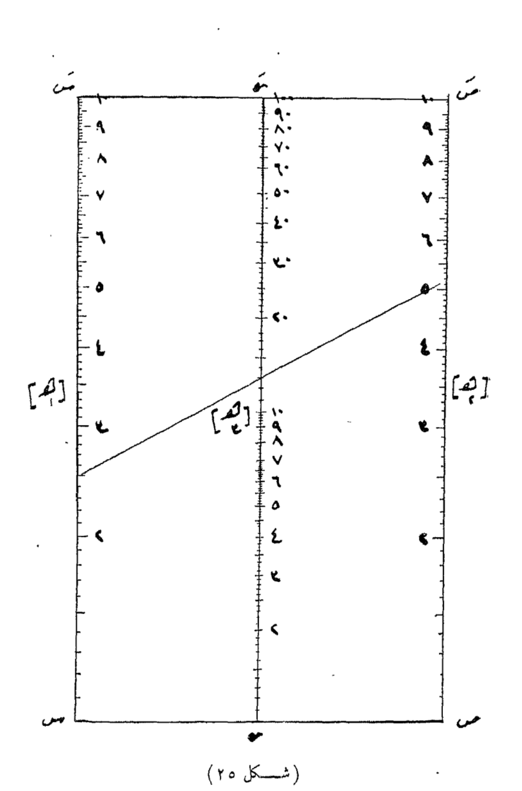
وبالاختصار فان المستقيم الواصل بين نقطتين مرقمتين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ على المقياسين [$هـ_١$] و[$هـ_٢$] الخاصين بالمعاليم يتقاطع مع المقياس الخاص بالمجهول فى نقطة رقمها دالا على مقدار المبحوث عنه للتغير المعتبر مجهول .

طريقتان لاستعمال النموغرام : يمكنا بدل رسم هذا المستقيم الركون الى احدى الطريقتين . (الأولى) استعمال قطعة من ورق شفاف مرسوم عليها مستقيم

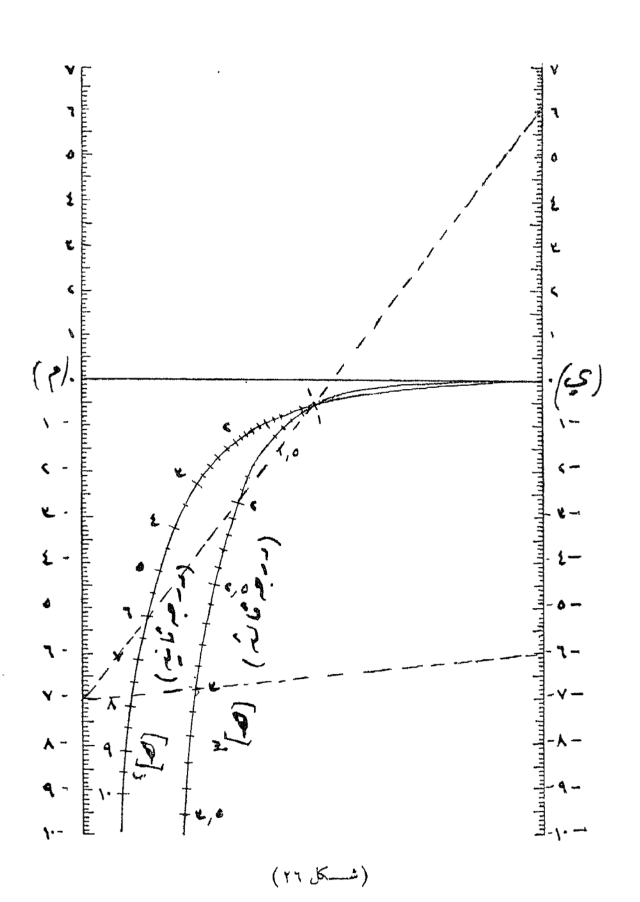
يقال له دليل وهذه طريقة أضبط . (والثانية) استعمال خط رفيع من حرير يمسك بالأصبع ويشدّ فوق النموغرام بحيث يمرّ بالنقطتين المعلومتين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ وله ميزة فى كونه أسهل وفيه الدقة الكافية ولا يتطلب سوى أن يكون النموغرام فى سطح مستو وإيضاحا لذلك نشرح النموذجين البسيطين التاليين ذى الاستقامة الواحـــدة .

الأوّل — نموذج النموغرام ذى الاستقامة الواحدة (شكل ٢٥) البيانى لعمليتى الضرب والقسمة . وهو أبسط نموغرام من نوعه وأسهل وأوضح من الأباكات السابق وصفها ويستعمل لحل معادلة الضرب والقسمة $هـ_٣ = هـ_١ \times هـ_٢$ وهو مكوّن من ثلاثة محاور متوازية س سَ ، ص صَ ، ر رَ بينها مسافات متساوية وحاملة للثلاثة مقاييس اللوغاريتمية معرفة بالتناظر بالمعادلات $س = م \text{ لو } هـ_١$ $ص = م \text{ لو } هـ_٢$ $ر = \frac{م}{٢} \text{ لو } هـ_٣$ ومنها المقياسين الخاصين بالمتغيرين $هـ_١$ ، $هـ_٢$ مشتركين فى وحدة الطول م والمقياس الثالث وحده طوله تساوى $\frac{م}{٢}$

كيفية الاستعمال : نفرض $هـ_١ = ٢,٥$ ، $هـ_٢ = ٥,٢$ فاذا أردنا معرفة حاصل ضربهما نأخذ على المقياس الأوّل ا س النقطة المرقمة ٢,٥ وعلى المقياس الأيمن ا ص الخاص بالمتغير $هـ_٢$ النقطة المرقمة ٥,٢ ونصل بينهما بخط دقيق يقطع المحور الأوسط للجهول فى النقطة مرقمة ١٣ هى مقدار $هـ_٣$ ويمكن استعمال هـذا النموغرام للقسمة بوصل رقم $هـ_١$ مع $هـ_٣$ حتى يصل الخط الى رقم $هـ_٢$ على المحور ا ص وبمقارنة هـذا النموغرام بالثلاثة أباكات السابق شرحها لعمليتى الضرب والقسمة نجد مقادير الأرقام $هـ_١$ ، $هـ_٢$ ، $هـ_٣$ مبينة فى هـذه الأباكات على ثلاثة خطوط متقاطعة فى نقطة أما فى هـذا النموغرام فانها مبينة فى ثلاثة نقط على استقامة واحدة .



(شـــكل ٢٥)



(شـــكل ٢٦)

ويتضح من ذلك أنه يمكن تحويل أباك الثلاثة فصائل من مستقيمات الى نموغرام النقط على استقامة واحدة وذلك بواسطة تحويل يسمى التحويل التناظرى(١) (Transformation Correlative) يمكن بسهولة تحويل شكل الى شكل آخر مناظر له بتطبيق طريقة مؤسسة على تبادل الاحداثيات المتوازية للمسيو دوكانى بالاحداثيات الكارتيزية ، ولأجل تحويل أباك المستقيمات المتلاقية الى نموغرام النقط ذى الاستقامة الواحدة يكفى أن نعوض فى معادلات المستقيمات الاحداثيات المتوازية أو المماسة ن ، ى بالاحداثيات الكارتيزية س ، ص فينتج لنا نموغرام من نوع ذى الاستقامة الواحدة .

نموغرام ذى الاستقامة الواحدة . لبيان معادلة الدرجة الثانية : $س^٢ + م\ س + ى = ٠$ ومعادلة الدرجة الثالثة $س^٣ + م\ س + ى = ٠$ هذا النموغرام المرسوم (بالشكل ٢٦) مركب من متوازيين مبين عليهما مقاسين متريين اعتياديين معنونين [م] ، [ى] الأول خاص بالمعلوم م والثانى بالمعلوم ى ومركب أيضا من مقياسين منحيين وهما $[هـ]^٢$ ، $[هـ]^٣$ يدلان على جذور معادلتى الدرجة الثانية والثالثة . وهاك كيفية استعمال هذا النموغرام .

لحل المعادلة $س^٣ - ٧\ س - ٦ = ٠$ فيها المعلومين م = − ٧ ، ى = − ٦

فلمعرفة الجذر الموجب لهذه المعادلة يكفى أن نأخذ نقطة تقاطع هذا المنحنى $[هـ]^٣$ بخيط دقيق يمتد من رقم − ٧ فى المقياس [م] الى نقطة رقم − ٦ فى المقياس [ى] فرقم بنقطة التقاطع وهو ٣ وهو الجذر الموجب لهذه المعادلة .

(١) تعريف الأشكال التناظرية : إذا كان فى أحد الشكلين لكل مستقيم حيثما اتفق تناظره نقطة فى الشكل الآخر يقال لهذين الشكلين متناظرين بشرط أن أربع مستقيمات حيثما اتفق متلاقية فى نقطة واحدة فى أحد الشكلين يناظرها فى الشكل الآخر الأربع نقط المناظرة على استقامة واحدة وأن تساوى النسبة الأنامورفيكية للاربع مستقيمات نظيرها التابعة للأربع نقط المذكورة .

ولمعرفة جذريها السالبين نبدل س بالحزف — س فتنتج لنا المعادلة $س^{٣} - ٧ س + ٦ = ٠$ وفيها م = — ٧ ، ى = ٦ ونأخذ نقطتى تقابل الخط [هـ]٣ مع الخط المار بنقطتى — ٧ ، ٦ ينتج جذرا المعادلة السالبان ١ ، ٢

وكان ما ذكر عن المعادلة ذات الدرجة الثالثة ينطبق على المعادلة ذات الدرجة الثانية وذلك بأخذ نقطة التقابل بل المنحنى [هـ]٢ وإذا خرج المقداران المعلومان م ، ى من حدود النموغراف فى هذا الشكل تستعمل القاعدة الآتية التى فيها يمكن تصغير هذين المقدارين لادخالها فى حدود هذا النموغراف وهى أن تستعيض عن س بالمقدار حـ صـ فى المعادلة المعتبرة من الدرجة الثالثة بأخذ مقدار المكرر حـ عددا صحيحا اختياريا وبقسمة كل من حدود هذه المعادلة على حـ فتأول هذه المعادلة الى $صـ^{٣} + \frac{م\ صـ}{حـ^{٢}} + \frac{ى}{حـ^{٣}} = ٠$ ويكون مقدار س = حـ صـ .

مثال ذلك : $س^{٣} - ١٢ س - ١٦ = ٠$.

عوض عن س بالمقدار ٢ صـ باعتبار أن حـ = ٢ واقسم الطرف الأوّل على ٨ تأول المعادلة الى $صـ^{٣} - ٣ صـ - ٢ = ٠$.

وتحل بالنموغرام بأخذ م = — ٣ ، ى = — ٢ فينتج صـ = ٢ ويكون مقدار س = ٤ .

وقد أدخل الأستاذ دوكانى فى علم النموغرافيا النظرية العامة للتحويل التناسبى (١)

---

(١) تعريف الأشكال التناسبية . اذا كان فى شكل نقطة ومستقيم حيثما اتفق يقابلهما بالتناظر نقطة ومستقيم فى شكل آخر يقال أن هذين الشكلين متناسبين بشرط أن النسبة الآتامورفيكية لأربع نقط مأخوذة على استقامة واحدة حيثما اتفق فى أى شكل منهما متساوى النسبة الآتامورفيكية للاربع نقط المقابلة لها بالتناظر فى الشكل الآخر . وكذلك بشرط أن تساوى النسبة الآتامورفيكية لمجموعة أربع مستقيمات متقاطعة فى نقطة فى أى شكل منهما لنظيرها التابعة لمجموعة الأربع مستقيمات المتقاطعة المقابلة بالتناظر للمجموعة الأولى = النسبة الآتامورفيكية لأربع نقط ا ، ب ، حـ ، ى موضوعة حيثما اتفق على مستقيم ذى اتجاه متفق عليه هى خارج القسمة $\frac{حـ\ ا}{حـ\ ب} : \frac{ى\ ا}{ى\ ب}$ ويرمز لها (ا ب حـ ب) . واذا كانت تساوى — ١ تؤول الى النسبة التوافقية .

أمثلة : الشكلان اللذان أحدهما منظور للآخر متناسبان والأباكان الموضحان بالشكلين ٢١ و ٢٢ هما شكلان متناسبان .

(Transformation Homographipue) لما لها من الأهمية العظمى فى تطبيقها على نظـرية الأباكات ذات المستقيمات المتلاقية والنموغرامات ذات الاستقامة الواحدة السابق شرحها للبحث عن وضع جيـد ومناسب لأى أباك أو نموغرام من نوع الأباكات والنموغرامات المذكورة . ويمكنا أيضا بواسطة هذا التحويل وضع الصورة العامة لمعادلة الأباكات والنموغرامات التناسبية ذات العدد النهائى .

فصيلة النموغرامات التناسبية ذات الاستقامة الواحدة : التى عددها لانهائى تحصل على هذه الفصيلة بتطبيق نظرية التحويل التناسبي لفرض أنه وضعنا معادلة مقترحة $د_{٣٢١} = ٠$ بقالب المحدّد مح = ٠ ، الذى هـو الشرط الذى إذا تحقق تكون هـذه المعادلة قابلة التمثيل بنوع النموجرام ذى الاستقامة الواحدة . لذلك يكفى لنا أن نضرب هذا المحدّد بالمحدّد الآخر .

$$ك = \begin{Bmatrix} ك_١ & ے_١ & ل_١ \\ ك_٢ & ے_٢ & ل_٢ \\ ك_٣ & ے_٣ & ل_٣ \end{Bmatrix} \text{ حيث } ك_ء ، ے_ء ، ل_ء \text{ (لأجل } ء = ١ ، ٢ ، ٣) ،$$

هى تسعة برامترات اختيارية بحيث الشرط ك ≠ ٠ لكى ينتج لنا حاصل الضرب مح × ك بصورة محدّد ثالث مح من المرتبة الثالثة الذى هو فى الواقع المعادلة العامة لفصيلة النموغرامات التناسبية ذات العدد اللانهائى الممثل كل واحد منها للمعادلة المقترحة . $د_{٣٢١} = ٠$ المفروضة قابلة الوضع بقالب المحدّد مح = ٠

وقد يلاحظ حسب خاصـية التحويل التناسبي أنه اذا أراد إنشـاء نموجرام ذى استقامة واحدة تناسبي لنموجرام من نوعه يمكنا أن نختار أربعة نقط للنموجرام المراد إنشاؤه . والأوفق أن نأخذ هذه الأربع نقط المقابلة للقادير المحدودة ($ب_١$ ، $ح_١$) لمقادير المتغيرين ($ب_٢$ ، $ح_٢$) المعتبرين غير معلقين ونوضع هذه الأربع نقط فى رءوس مستطيل فنحصل فى كل الأحوال على وضع جيد ومناسب للنموغرام .

هذه الخاصة تستعمل للبحث على أحسن وأوفق أباك ونموجرام. وبمناسبة ذلك أذكر لحضراتكم طريقة هندسية للحاضر لهذا البحث تجدونها مشروحة فى مجلد جلسات أعمال مؤتمر تولوز لجمعية تقدّم العلوم الفرنسية بباريس سنة ١٩١٠، وأيضا فى الطبعة الأخيرة سنة ١٩٢١ فى المجلد الوافى للمسيو دوكانى فى علم النموغرافيا[١]. وهذه الطريقة مؤسسة على التحويل الهومولوجى (التناسبى) (Homologie)

مزايا النموغرامات ذات الاستقامة الواحدة: تفضل هذه النموغرامات على أبكات للخطوط المتلاقية لما فيها من ميزة سهولة الاستعمال وذلك (أولا) لأنه يلزم فى الأباك لقرائه أرقام الخطوط أن تتبع كل من الخطوط المتلاقية فى المسافة بين نقطة التلاقى والنقطة التى بجانبها مبين رقم الخط ينتج من ذلك تعب النظر. (ثانيا) التقدير الذهنى بين الخطوط المرسومة فى الأباك والخطوط الغير المرسومة المقابلة للأرقام المتوسطة يتطلب التفات نظر صعب من الذى يلزم لقراءة رقم التدريج فى المقاييس المنحنية للنموجرام. (ثالثا) نضطر لتجزئة الأباك أن تنشأ الأباكات الجزئية على ألواح منفصلة عن بعضها. والنموجرام له أيضا ميزة التأكيد من عدم وقوع أى خطأ ويسمح لسهولة تغيير المعلومات والنتائج تبعا لبعضها وأيضا استعمال منحنى منشأ عليه مقياسين ملتصقين ومجاورين خاصين لمتغيرين.

وقد توجد طرق مختلفة للبيان النموغرافى للمعادلات أبسطها وأحسنها كما شرحناه بعاليه هى طريقة المسيو دوكانى لنقط ذات الاستقامة الواحدة فانه يشتق منها طرق متنوّعة تؤدى الى الغرض المطلوب لحل المعادلات ذات عدّة متغيرات.

وضع الأستاذ دوكانى علم النموغرافيا فى سنة ١٨٩١ لبيان النموغرافى على سطح مستو للنواميس أو القوانين الرياضية المبينة بالمعادلات ذات عدّة متغيرات كما وضع العالم العظيم الفرنسى مونج مؤسس المجمع العلمى المصرى علم الهندسة الوصفية الذى

(١) Traité de Nomographie par M. d'Ocagne 1921

يمكن بواسطته بيان و إيضاح جميع أشكال الأجسام الطبيعية ذات الأبعاد الثلاثة فى الفراغ برسم موضح على سطح مستو .

وقد خطط الأستاذ دوكانى وحصر لأول مرة فى السنة المذكورة القواعد الأساسية لعلم النموغرافيا ونشر جملة مؤلفات فى هذا العلم نذكر منها الطبعة السابق ذكرها من كتابه الوافى سنة ١٩٢١ حيث شرح الطرق النموغرافيا الأكثر استعمالا المختصة لكافة الأباكات والنموغرامات ، وكيفية استعمالها وتطبيقها على الأعمال الحسابية التى نصادفها فى الأشغال العملية المعتادة فى كافة الفنون الهندسية (١) .

وقد درج علم النموغرافيا فى سنة ١٩٠٠ فى برنامج تعليم الرياضات فى كثير من المدارس الفنية فى أوربا وأمريكا وأسيا واتسع نطاقه إتساعا عظيما وقد شاعت الطريقة النموغرافية للنقط التى على استقامة واحدة للاستاذ دوكانى وأصبحت بلا منازع أحسن وأبسط الطرق المختلفة للبان النموغرافى وهى الآن مستعملة عند الفنيين من كل اختصاص ، وقد كثر العمل بهذه الطريقة حيث تدعو الظروف الى سرعة الحسابين كما فى تعديل سير السفن وفنى المدفعية والطيران والأعمال الحربية والمالية والتأمين والملاحة وتوازن العمارات والانشاءات الحديدية و بالخرسانة المسلحة والرى والأيدرولكة والجيودوزيا وأعمال عملية تقدير عملية الحفر والردم وحل المثلثات الكروية وتصرف الترع والمواسير وحسابات مقاومة المواد وعلم البيولوجيا وتعيين القوانين التجاربية وغيرها .

---

(١) ألفت نظر حضراتكم الى المجلد الصغير السابق ذكره للحساب الجرافيكى والنموغرافيا للسيودوكانى حيث يشتمل على جزءين : أولهما علم الحساب التخطيطى . والثانى علم النموغرافيا حيث جمع المؤلف بشكل مقتضب الأجزاء الأصليه لهذا العلم وقد تجدون باطلاعكم على الجزء الأول طرق متنوعة للفقير فى حل المعادلات ذات عدة مجاهيل من الدرجة الأولى ، و باطلاعكم أيضا على الجزء الثانى من هذا الباب ، وعلى المجلد الوافى فى علم النموغرافيا تجدون فيه مباحث جديدة متواضعة فى نظرية وانشاء النموغرامات وطرق لرسم المنحنيات المبينة بمعادلات ذات عوامل أو برامترات عديدة متغيرة والتى تصادف فى أعمال الفنيين وتجدون أيضا طريقة الهمولوجيا للفقير للبحث عن أحسن نموغرام ممثل للعادلة .

ولأجل إعطاء فكرة ناطقة فى سرعة الطرق النموغرافيكية فى استعمالها أذكر إنشاء الطريق الكبير الذى يصل بين تنناريف وموارنجا فى جزيرة مدغسقر يحتوى على ٢٧٥ ألف متر مكعب من الحفر والردم و ٤٥ ألف متر مكعب من المبانى فقد استطاع فى سنة ١٨٩٨ اثنان من المهندسين الحربيين الفرنسيين أن يعملا التصميم الابتدائى اللازم فى يومين فقط باستعمال الطريقة النموغرافيكية .

ولقد كان لهذا العلم شأن عظيم فى الحرب الدولية الأخيرة من جهة المنافع التى نجمت عن تطبيقه على علم فنى المدفعية والطيران، و بمناسبة ذلك نذكر أنه فى أثناء هذه الحرب كلفت وزارة حربية فرنسا الأستاذ دوكانى تنظيم وادارة قسم النموغرافيا التطبيقية على الأساليب المتنوعة المختصة بفنى الطيران والمدفعية (أى تعيين معالم ضرب النار والنهاية العظمى لسرعة القنبلة وزاوية ميل المدفع لاطلاق النار وغيره) وفن الطيران (أى تعيين المدة اللازمة لصعود الطيارة والثقل الكلى الممكن نقله بها وغير ذلك) . وقد اشتغل بعض ضباط الحلفاء فى أعمال هذا القسم تحت إشراف المسيو دوكانى .

* * *

كمل طبع " محاضرة تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية "
بمطبعة دار الكتب المصرية فى يوم الثلاثاء ١٩ ربيع الأول سنة ١٣٥٨
(٩ مايو سنة ١٩٣٩) م

محمد نديم
ملاحظ المطبعة بدار الكتب
المصرية

(مطبعة دار الكتب المصرية ١٦٠ ن / ٣٨ / ١٠٠٠)

